

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050503 - Машинобудування (6.050502 - Інженерна механіка)  
на тему: «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму»

---

---

Виконав студент \_\_4\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_ЛП-51-1\_\_\_\_\_

(шифр групи)

\_\_\_\_\_Коноваленко Юрій Володимирович\_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_доц.к.т.н. Івіцький Ігор Ігорович\_\_\_\_\_

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультанти з розділів:

---

ОХОРОНА ПРАЦІ \_\_\_\_\_доц., к.т.н. Ковтун І. Н\_\_\_\_\_

МОДЕРНІЗАЦІЯ \_\_\_\_\_д.т.н. проф. Щербина В. Ю.\_\_\_\_\_

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ \_\_\_\_\_ст. вик. Борщик С. О.\_\_\_\_\_

РЕЦЕНЗЕНТ \_\_\_\_\_

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ      2019      рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра \_\_\_\_\_ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність \_\_6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р

### **ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

\_\_\_\_\_ **Коноваленку Юрію Володимировичу** \_\_\_\_\_

(П.І.Б.)

1. Тема проекту \_Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму\_\_\_\_\_

керівник проекту \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---



---

#### 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ТБ та ОП	доц. Ковтун І.М.		
Модернізація	д.т.н., проф.. Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	ст.викл. Борщик С.О.		

#### 7. Дата видачі завдання:

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Отримання завдання для дипломного проекту.		
2.	Проходження переддипломної практики.		
3.	Здійснення пошуку патентів. Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.		
4.	Обґрунтування модернізації.		
5.	Підготовка розділу «Пояснювальна записка»		
6.	Виконання розрахунків.		
7.	Підготовка розділу «Розрахунки»		
8.	Підготовка розділу «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла»		
9.	Робота над кресленнями в CAD-системах .		
10.	Захист дипломного проекту		

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту**

на тему:       Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізма

Київ – 2019 року

## Зміст

Реферат (українська мова).....	1
Реферат (іноземна мова).....	1
Реферат (російська мова).....	1
Перелік умовних позначень .....	1
Пояснювальна записка.....	26
Розділ «Розрахунки».....	24
Розділ «Технологія машинобудування».....	19
Додаток А. Специфікації .....	5
Додаток Б. Таблиця розглянутих патентів.....	2
Додаток В. Розрахунок шнека на алгоритмічній мові FORTRAN.....	7
Додаток Г. Особисті напрацювання.....	2

					<i>ЛП51.077246.01-70ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Коноваленко</i>			<i>Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Івницький</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Гондляр</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акресив</i>
						<i>1</i>	
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		

## Реферат

Об'єкт розробки і проектування – Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму.

Мета проекту – розробка і проектування, згідно з технічним завданням, термопластавтомата з модернізацією інжекційного механізму, на основі існуючих промислових аналогів; визначення можливостей і здійснення модернізації інжекційного механізму.

Пояснювальна записка дипломного проекту складається зі вступу, 6 розділів, висновків, літератури з 21 джерел і 4 додатків, 21 рис., 5 табл. Загальний обсяг записки становить 89 стор. Графічна частина вміщує 5 креслень формату А1.

Проект містить опис технологічного процесу, в якому термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму для виготовлення деталей з полімерних матеріалів, розглянуто його призначення та місце в технологічній схемі.

У роботі надані технічні характеристики, розглянуті конструкція і принцип дії термопластавтомата, виконані параметричні розрахунки та розрахунки на міцність шнека, які підтверджують працездатність та надійність конструкції машини.

У проекті було зроблено літературно-патентний пошук конструкцій інжекційного механізму та обрано варіанта модернізації процесу інжекції з перекриванням сопла спец пробкою яка дає можливість усунути холодну пробку, збільшити ергономічність, продуктивність та срок служби машини.

Також у бакалаврському дипломному проекті було зроблено розрахунки деформації за допомогою програми ANSYS та розглянуто відповідність розроблюваної машини вимогам охорони праці та надані рекомендації щодо монтажу та експлуатації пристрою до виготовлення фланця.

**Ключові слова:** ТЕРМОПЛАСАВТОМАТ, ІНЖЕКЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ, ПЛАСТИКОВІ ДЕТАЛІ, МІЦНІСТЬ, ШНЕК, ІНЖЕКЦІЯ, ПРЕСФОРМА, СОПЛО, ПОЛІМЕР, КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛОВІДДАЧІ.

## Реферат

Объект разработки и проектирования - Термопластавтомат с модернизацией инжекционного механизма.

Цель проекта - разработка и проектирование, согласно техническому заданию, термопластавтомата с модернизацией инжекционного механизма, на основе существующих промышленных аналогов; определения возможностей и осуществления модернизации инжекционного механизма.

Пояснительная записка дипломного проекта состоит из введения, 6 глав, заключения, литературы из 21 источников и 4 приложений, 21 рис., 5 табл. Общий объем записки составляет 89 стр. Графическая часть содержит 5 чертежей формата A1.

Проект содержит описание технологического процесса, в котором термопластавтомат с модернизацией инжекционного механизма для изготовления деталей из полимерных материалов, рассмотрены его назначение и место в технологической схеме.

В работе представлены технические характеристики, рассмотрены конструкция и принцип действия термопластавтомата, выполнены параметрические расчеты и расчеты на прочность шнека, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции машины.

В проекте было сделано литературно-патентный поиск конструкций инжекционного механизма и избран варианта модернизации процесса инъекции с перекрыванием сопла спец пробкой которая дает возможность устранить холдну пробку, увеличить эргономичность, производительность и срок службы машины. Также в бакалаврском дипломном проекте были произведены расчеты деформации за помощью программы ANSYS и рассмотрены соответствие разрабатываемой машины требованиям охраны труда и даны рекомендации по монтажу и эксплуатации устройства к изготовлению фланца.

**Ключевые слова:** ТЕРМОПЛАСАВТОМАТ, ИНЖЕКЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ, ПЛАСТИКОВЫЕ ДЕТАЛИ, ПРОЧНОСТЬ, ШНЕК, ИНЖЕКЦИЯ, ПРЕССФОРМЫ, СОПЛО, ПОЛИМЕР, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ.

## Abstract

The property of development and design - Injection moulding machine with the modernization of the injection mechanism.

The purpose of the project - development and design, according to the terms of reference, injection moulding machine with the modernization of the injection mechanism; determining and implementing a modernization of the injection mechanism.

Bachelor sources of graduation project consists of an introduction, 6 chapters, conclusions, 21 literature sources , 4 Applications, 21 Figures and 5 Tables. The total amount of notes is 89 pages. The graphical part contains 5 A1 drawings.

The project contains a description of the process in which existing injection moulding machine with the modernization of the injection mechanism, discussed its purpose and place in the technological scheme.

The paper provided specifications, reviewed design and principle of the injection moulding, executes parametric calculations and calculations of strength screw, proving the efficiency and reliability of machine design.

The project was made literary patent search structures injection mechanism was execute in the project and the option of upgrading the injection process with a special nozzle overlapping nozzle was chosen, which makes it possible to eliminate the cold plug, increase the ergonomics, performance and service life of the machine.

Also bachelor thesis project examined compliance deformation calculations were performed using the ANSYS program and provided recommendations for installation and operation unit to manufacture the flange.

**Keywords:** INJECTION MOULDING, INJECTION MECHANISM, POLYMER DETAILS, DENSITY, SHNEK, INJECTION, PRESSFORM, NOZZLE, POLYMER, HEAT TRANSFER COEFFICIENT.



## Перелік умовних позначень та скорочених термінів

Скорочені терміни:

ТПА- термопластавтомат

МП – механізм пластикації

ККД – коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

$S$  – площа,  $m^2$ ;

$b$  – ширина,  $m$ ;

$H, h$  – висота,  $m$ ;

$D, d$  – діаметри,  $m$ ;

$m$  – маса,  $kg$ ;

$N$  – потужність,  $W$ ;

$n$  – частота обертання,  $s^{-1}$ ;

$G_p$  – продуктивністю,  $kg/s$ ;

$t$  – температура,  $K$ ;

$\alpha_K$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище,  
 $W/m^2 \cdot \text{град}$ ;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі,  $W/m^2 \cdot \text{град}$ ;

Критерії:

$Nu$  – критерій Нуссельта;

$Re$  – критерій Рейнольдса;

$Gr$  – критерій Гросгофа.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Зміст

Вступ.....	3
1 Призначення та галузь використання ТПА .....	4
1.1 Опис технологічного процесу виробництва деталей з пластику.....	4
2 Технічна характеристика базової машини.....	5
3 Опис лінії.....	6
3.1 Загальне компонування лінії .....	6
4 Патентно-літературний огляд.....	9
4.1 Патентно-літературний огляд конструкцій інжекційного механізму .....	9
4.2. Обґрунтування обраної модернізації.....	16
5 Охорона праці.....	17
5.1 Повітря робочої зони.....	18
5.2 Електробезпека.....	20
5.4 Виробниче освітлення .....	21
5.5 Виробничий шум .....	22
5.7 Пожежна безпека .....	23
Висновки .....	25
Перелік посилань.....	26

					<i>ЛП51.077246.01-70ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Коноваленко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Івницький</i>					<i>2</i>	<i>26</i>
<i>Керівник</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Гондляр</i>						

## Вступ

Термопласт автомат є одним із найпоширеніших видів устаткування, що використовується в галузях виробництва і переробки полімерів та композиційних матеріалів на їх основі. Їх успішно використовують для переробки полімерів. Виготовленв продукція використовується в багатьох галузях. Пластикова продукція дуже поширена в сучасному суспільстві завдяки дешевезні і простоті виготовлення.

Головними робочими органами ТПА є пресформа та черв'як в циліндрі. Основний процес, що відбувається в усіх ТПА, - це транспортування матеріалу вздовж черв'яка та інжектування в пресформу. Одночасно з транспортуванням у каналі гвинтової нарізки мають місце найрізноманітніші процеси: нагрівання матеріалу за рахунок енергії деформації, що перетворюється в теплоту, та за рахунок теплоти, що надходить від циліндра, обладнаного нагрівниками, генерування тиску, ущільнення та монолітність гранульованих або сипких матеріалів, ініційовані нагріванням і тиском хімічні та фазові перетворення, вилучення одного з компонентів (рідини, газу) та ін. Завдяки цій різноманітності процесів черв'ячні екструдери використовують у багатьох технологічних схемах виробництва та переробки полімерів і виробів з них.

Метою дипломного проекту є проектування термопластавтомата з модернізацією інжекційного механізма для впливу на ергономічність та продуктивність. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати розрахунки основних вузлів на міцність і деталей преса також тепловий і параметричний розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції. І виконати графічну частину, яка включає етапи необхідні для проектування ТПА: загальний вигляд лінії, до складу якої входить ТПА та основні його вузли. Розробка ТПА також включає такі розділи як технологія машинобудування та охорона праці.

					<i>ЛП51.077246.01-70 ПЗ</i>	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Призначення та галузь використання ТПА

## 1.1 Опис технологічного процесу виробництва пластикових деталей

Лінія для виробництва деталей з пластику, продуктивністю 13 кг/год. призначена для виробництва деталей із композиційного пластику.

Основною сировиною служать гранули пластикового матеріалу.

Область використання лінії заводи по виробництву пластикових деталей із композиційних термопластів.

ТПА може використовуватись на підприємствах автомобільної індустрії, комп'ютерної, харчової та інших.

Деталі із композиційних матеріалів термопластів успішно використовуються в автомобілебудуванні. В якості красивого і зносостійкого матеріалу широко використовуються для облицювання автомобілів і автобусів, тролейбусів, літаків. Область використання продукції пластикових деталей постійно розширюється.

ТПА забезпечує:

- широкий діапазон властивостей деталей завдяки можливості зміни складу матеріалу;
- високі експлуатаційні якості виробів;
- високу економічність процесу завдяки використанню полімерів;
- рішення екологічних проблем за рахунок утилізації і регенерації відходів.

Кліматичне виконання лінії – УХЛ4 ГОСТ15150-69.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Технічна характеристика базової машини

Технічна характеристика будь-якого виробу – це стисла технічна інформація, за якою проводиться порівняння зразка з аналогами та для наступного вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники ТПА з шнеком 40 наведено в таблиці 2.1.

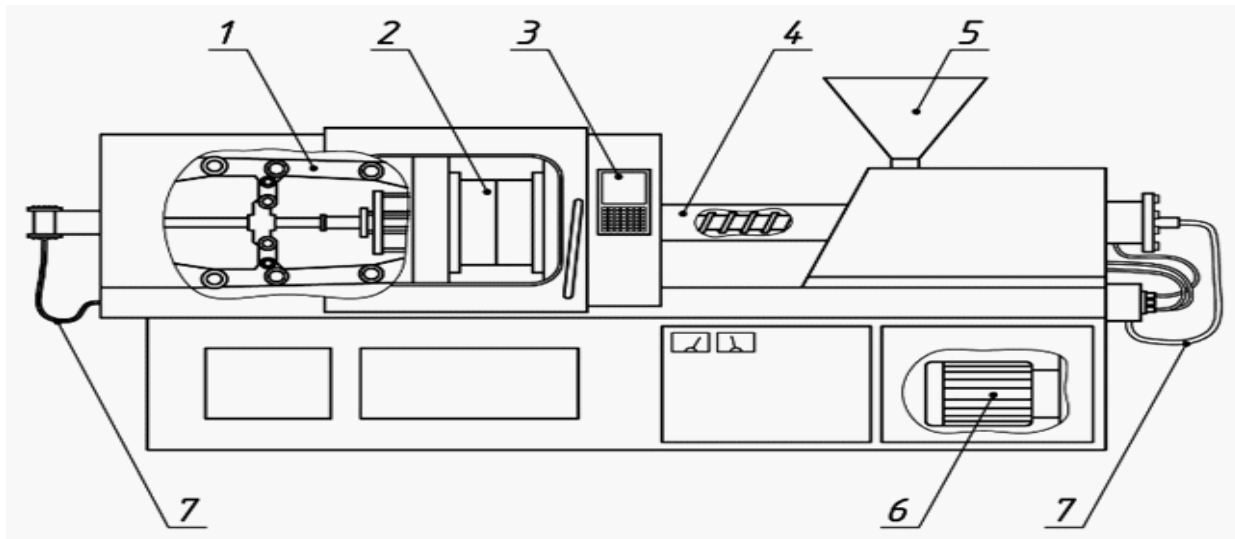
Таблиця 2.1– Технічна характеристика лінії

Назва параметру	Значення параметру
1	2
1.Діаметр шнека, мм	40
2.Тиск лиття, МПа	178
3.Робочий об'єм, см.куб.	178
4.Швидкість лиття, см.куб.	117
5.Потужність нагрівника циліндра, кВт	7
6.Сила змикання пресформ, кН	1150
7.Робочий тиск, МПа	15
8.Потужність електродвигуна, кВт	18.5
9.Габаритні розміри, мм:	
- довжина	4200
- ширина	1100
- висота	1940
10. Маса машини, кг	3500

### 3 Опис лінії

#### 3.1 Загальне компонування лінії

Лінія (рисунок 3.1) включає в себе прес , ЧП 90х30 з приєднаним до пресу обладнанням і пресформу.



1.Вузол змикання; 2.Прес-форма; 3.Блок ЧПУ; 4.Вузол пластикації; 5.Завантажувальний бункер; 6.Двигун; 7.Гідравлічна система.

Рисунок 3.1 – Лінія для виробництва деталей з пластику

Полімер у вигляді гранул, з розмірами частинок не більш 5 мм, завантажувачем подається в сушарку після чого потрапляє в бункер механізму пластикації(МП). МП забезпечує приготування однорідного розплаву полімеру і подачу його під тиском в пресформу.

Завантажувач полімеру забезпечує автоматичну подачу гранульованого полімеру в сушарку і бункер МП. Однорідний розплав полімеру який утворився потрапляє в зону дозування.

Сформований матеріал у зоні дозування поступає в пресформу і після заливки в пресформу та підпресовки ми одержуємо готову деталь або деталь під збірку. Далі деталь потрапляє в ящик, або роботом на лінію упаковки. Після чого деталі упаковуються і вантажопідйомним механізмом відправляються на склад готової продукції.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завантажувач ЗГВ-500 призначений для подачі гранульованого полімеру в сушарку і бункер МП.

МП зібраний на рамі і складається з наступних основних вузлів: корпусу, черв'яка, завантажувальної ємності, бункера, системи підігріву і охолодження корпусу, редуктора і електродвигуна постійного струму.

Корпус МП виконується із нержавіючої сталі і має азотовану поліровану внутрішню поверхню. В ньому є три зони: транспортування, плавлення і дозування. Фланці корпусу встановлюються на різьбі.

Основний робочий орган МП – черв'як. Він виготовляється із легованої сталі і має азотовану і поліровану зовнішню поверхню. Для з'єднання з редуктором на хвостовику черв'яка виконується різьба.

Корпус з допомогою фланців з'єднаний з завантажувальною ємністю, яка виконується зварюванням і має горловину для з'єднання з бункером. Всередині ємності встановлена азотована гільза і зміцнююча бронзова втулка.

Зовні ємність має рубашку для її охолодження водою.

Бункер з сушаркою встановлено на ємності з допомогою фланців. В місці з'єднання бункера змонтовано шибер для регулювання потоку гранул. Виконано бункер із листової сталі, має оглядові вікна і точку відбору гранул, яка закривається заслінкою. Водяна комунікація забезпечує підвід охолоджуючої води до пресформи, регулювання витрати і злив.

Система підігріву і охолодження корпусу включає електронагрівачі, встановлені по зонах і вентилятори для охолодження зон повітрям.

Редуктор приводу розплавлювача має вмонтований опорний підшипник для сприймання осьових зусиль черв'яка. Він жорстко з'єднується з фланцем завантажувальної ємності, а на швидкохідному валу має шків клиноремінної передачі, з'єднуючої його з валом електродвигуна постійного струму.

Електродвигун постійного струму встановлено на плиті, яка має можливість рухатись вздовж до пресформи для інжекції пластику в форму.

З метою розширення технологічних можливостей ТПА укомплектовано змінними пресформами.

Дозатор призначений для рівномірного (регульованого за об'ємом)

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постачання пластикового наповнювача в механізм пластикації у вигляді гранул. Дозатор складається з циліндру, черв'яка, мішалки, опорного підшипника, бункера і приводів черв'яка і мішалки. Дозатор зібраний на зварному візку, який встановлено на направляючих рейках для можливості переміщення дозатора і демонтажу черв'яка.

Опорний підшипник змонтовано в корпусі, встановленому на візку. Вал опорного підшипника з'єднується з тихохідним валом черв'ячного редуктора, швидкохідний вал якого в свою чергу втулично-пальцевою муфтою з'єднується з валом електродвигуна постійного струму.

Бункер з сушаркою виконується зварюванням з листового металу. Бункер встановлюється на стійках, які кріпляться до візка, має оглядові вікна. В середині бункера змонтована лопатева мішалка, яка запобігає злипанню наповнювача.

					<i>ЛП51.077246.01-70 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



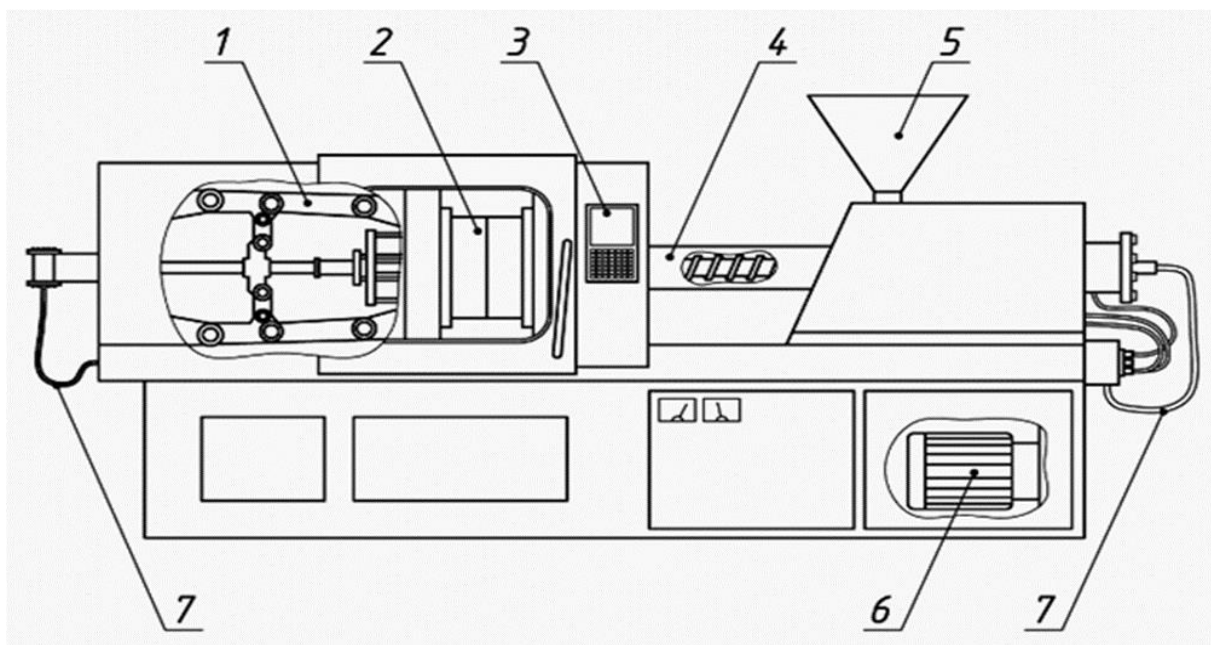
## 4 Патентно-літературний огляд. Обґрунтування модернізації пресу

### 4.1 Патентно-літературний огляд конструкцій ТПА

Під час дипломного проектування було зроблено огляд технічної літератури[1,8,9,11] з метою аналізу конструкцій і принципу дії інжекційного механізму. В результаті аналізу інжекційних механізмів було виявлені такі недолік як невисока продуктивність екструзійного обладнання і якість екструзійного виробу, оскільки важко забезпечити перерозподіл швидкостей руху розплаву полімеру у зоні «риб'ячий хвіст». Виходячи з індивідуального завдання дипломного проектування «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму». Для цього було проведено літературний огляд інжекційних механізмів та патентний пошук 6 модернізацій. Було знайдено 2 технічних рішень для модернізації інжекційного механізму на основі патентів [4-6].

За основу взята базова модель з книги 1 і 4

Загальний вигляд литтєвої машини зображено на Рис. 1



1. Вузол змикання; 2. Прес-форма; 3. Блок ЧПУ; 4. Вузол пластикації;  
5. Завантажувальний бункер; 6. Двигун; 7. Гідравлічна система.

Рисунок 1 – Загальний вигляд литтєвої машини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51.077246.01-70 ПЗ

Арк.  
9

## Опис конструкції машини

Базовими вузлами литтєвої машини черв'ячного типу є інжекційний механізм на базі черв'ячного пластикатора механізма замикання - розмикання пресформ. Механізм інжекції встановлений на направляючих станинах з можливістю зворотно-поступального переміщення відносно півформи, закріпленої на розміщеній зі сторони інжекційного механізму нерухомій плиті механізму замикання. Переміщення механізму інжекції для підводу і ущільнення сопла матеріального циліндру з литниковою системою півформи, а також подальший його відхід від півформи здійснюється механізмом переміщення

Операції підготовки (пластикації) і нагнітання матеріалу у форму (інжекції) виконується в пластикаційно-інжекційному матеріальному циліндрі черв'яком, який поряд з можливістю обертання має змогу переміщуватись в осьовому напрямі. Це забезпечується двома роздільними гідроприводами: приводом обертового руху черв'яка, змонтованого на базі гідромотору і шліцевого з'єднання через проміжний вал опірного підшипника; і приводом інжекційного руху – руху черв'яка в осьовому напрямку від завантажувального отвору до литникового каналу матеріального циліндру. Привід інжекційного руху черв'яка виконаний на базі кінцевого гідроциліндру, плунжер якого через підшипниковий вузол осьового опору шліцевого проміжного вала з'єднаний з черв'яком. За осьовим положенням черв'яка фіксується момент завершення набору потрібної порції. При цьому привід обертання черв'яка відключається, а здійснюється підвід інжекційного механізму і вмикається привід інжекції, внаслідок чого черв'як швидко переміщується в напрямі литникового каналу, нагнітаючи матеріал у форму.

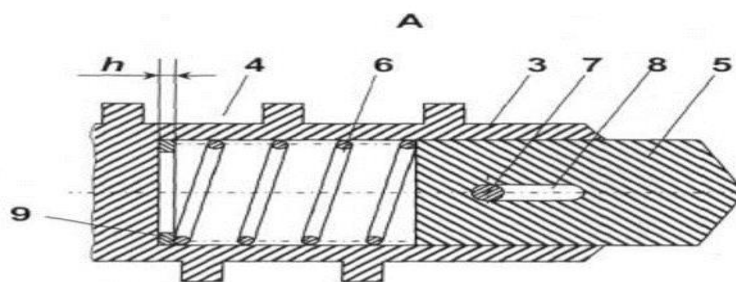
В літературно-патентному огляді наведено варіанти модернізації термопластавтомата які представлені в патентах [1] – [6], що дозволяють підвищити техніко-експлуатаційні показники інжекційно-пластикаційного вузла, за рахунок зміни та комплектації машини. Розглянемо наведені приклади модернізації.

В патенті [1] наконечник має змогу рухатися відносно робочої зони шнека. В даному патенті потрібно було вдосконалити черв'як екструдера, для цього

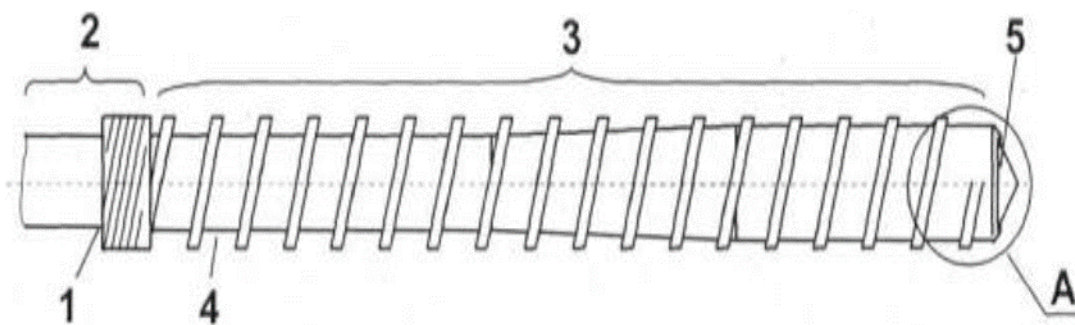
					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконали нове конструювання шнека його наконечника забезпечує переміщення наконечника відносно робочої зони черв'яка залежно від тиску, що діє на наконечник, а отже згладжування пульсацій потоку розплаву на виході з екструдера й більш стабільну роботу екструдера в цілому.

Проблема вирішується тим, що в черв'яку екструдера, що містить вал з послідовно розташованими хвостовиком, робочою зоною, спорядженою гвинтовою нарізкою, а також виконаним у вигляді окремої деталі наконечником, згідно з корисною моделлю, модернізацією є виконання наконечника з можливістю осьового руху відносно робочої зони і споряджено пружним 25 елементом, наприклад пружиною стиснення. При цьому в найприйнятнішому варіанті виконання черв'яка пружний елемент споряджено засобом регулювання його жорсткості. [11]. Конструкцію зображено на (рис. 6)



Фіг. 2



Фіг. 1

Рис. 1, Фіг.1 – загальний вид черв'яка, фіг.2 – виносний елемент

1 – вал, 2 – хвостовик, 3 – робоча зона, 4 – гвинтова нарізка, 5 – наконечник, 6 – пружний елемент, 7 – штифт, 8 – овальний отвір руху штифта, 9 – пакет змінних шайб.

В розглянутому патенті [2] потрібно було вдосконалити машину для лиття під тиском, у якій модернізація повина забезпечити одночасність виконання

операцій зворотного ходу плунжера з операцією набору потрібної порції розплаву. В результаті чого безперервність підготовки розплаву в машині таким чином підвищить її продуктивність.

Дана проблема вирішується тим, що в машині для лиття під тиском, що містить матеріальний циліндр із завантажувальним отвором і випускним соплом, розміщений у матеріальному циліндрі з можливістю обертання порожнистий пластикаційний шнек, у порожнині якого з можливістю осьового руху розташовано плунжер, а також гідросистему руху плунжера. Ідея модернізації полягає в тому, що плунжер з боку завантажувального отвору матеріального циліндра споряджено поршнем, а гідросистему руху плунжера сполучено з порожниною пластикаційного шнека. Конструкцію зображено на (рис.2).

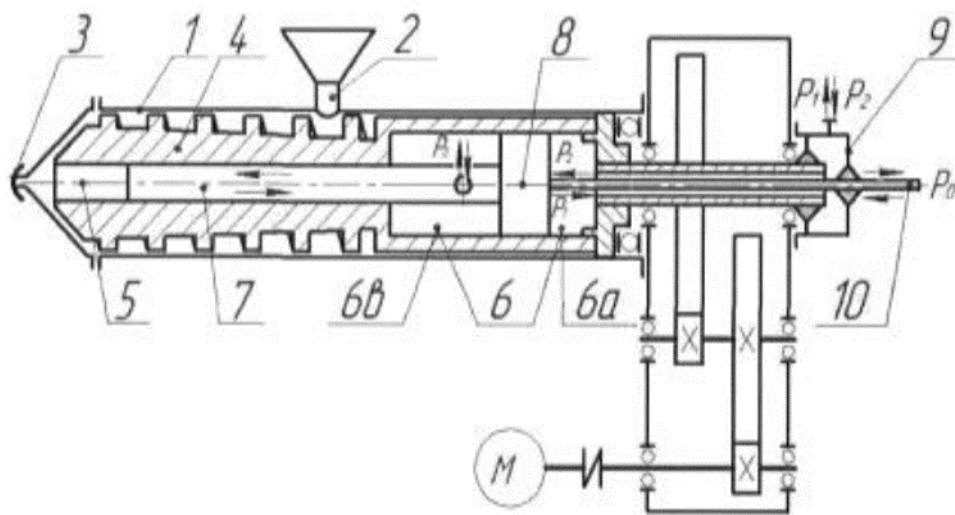


Рис.2 Машина для лиття під тиском

1 – матеріальний циліндр, 2 – завантажувальний отвір, 3 – випускне сопло, 4 – порожнистий пластикаційний шнек, 5 – нагромаджувальна камера, 6 – інжекційна камера, 7 – плунжер, 8 – поршень, 9, 10 – гідросистема

В основі патента [3] завдання полягає в підвищенні ефективності змішування при пластикації. Така конструкція звужує можливості машини, так як не повною мірою забезпечується необхідна якість змішування, тому що мала площа контакту кільцевої втулки та наконечника з упором. В даній конструкції клапана, її можна регулювати лише за рахунок зменшення продуктивності процесу набору порції полімеру. Встановлення ж додаткових змішувальних

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементів на шнеці потребує значних конструктивних переробок інжекційного вузла. Конструкція зображена на (рис.3)

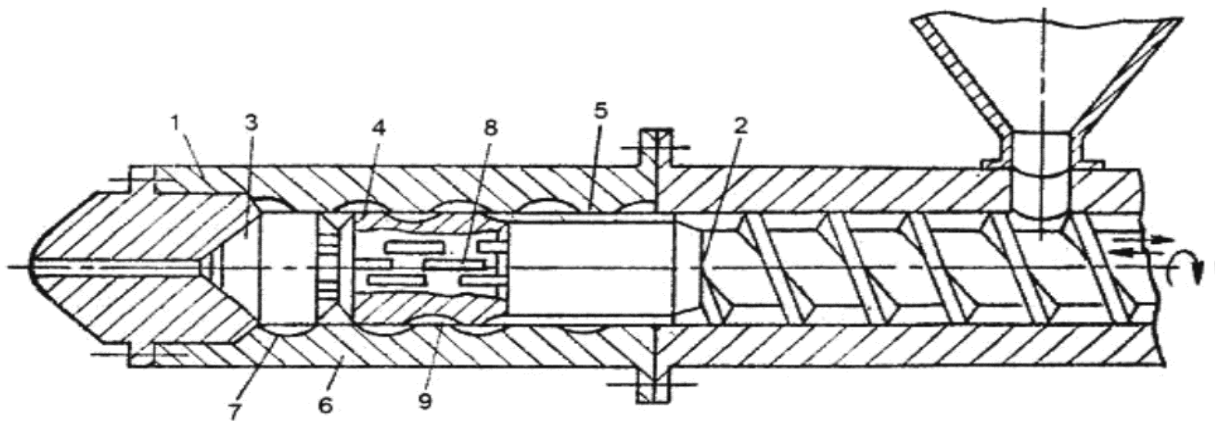


Рис.3 Литтєва машина

1- корпус, 2 – черв'як, 3 – зворотний клапан, 4 – наконечник, 5 – внутрішня поверхня корпуса, 6 – зовнішня пов. корпуса, 7,8 – поглиблення, 9 – канали.

На відмінну від патента [3], в модель [4] задачою є вдосконалення екструдера шляхом кінематичного поєднання осьового руху черв'яка з заслінкою, а не зміни конфігурації самого черв'яка, що дозволяє регулювати подачу перероблюваного матеріалу, за допомогою регульованого перетворювача переміщень.

Дана проблема вирішується тим, що черв'ячний екструдер для переробки полімерних матеріалів, що містить завантажувальну горловину, оснащену заслінкою регулювання подачі перероблюваного матеріалу, корпус, всередині якого розташований з можливістю переміщення відносно повздовжньої осі черв'як, змонтований в опорному підшипнику, модернізацією є, що черв'як кінематично пов'язаний із заслінкою за допомогою важільного механізму. Важільний механізм може мати регульовану по довжині точку опори.

Конструкцію зображено на (рис. 4)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51.077246.01-70 ПЗ

Арк.

13



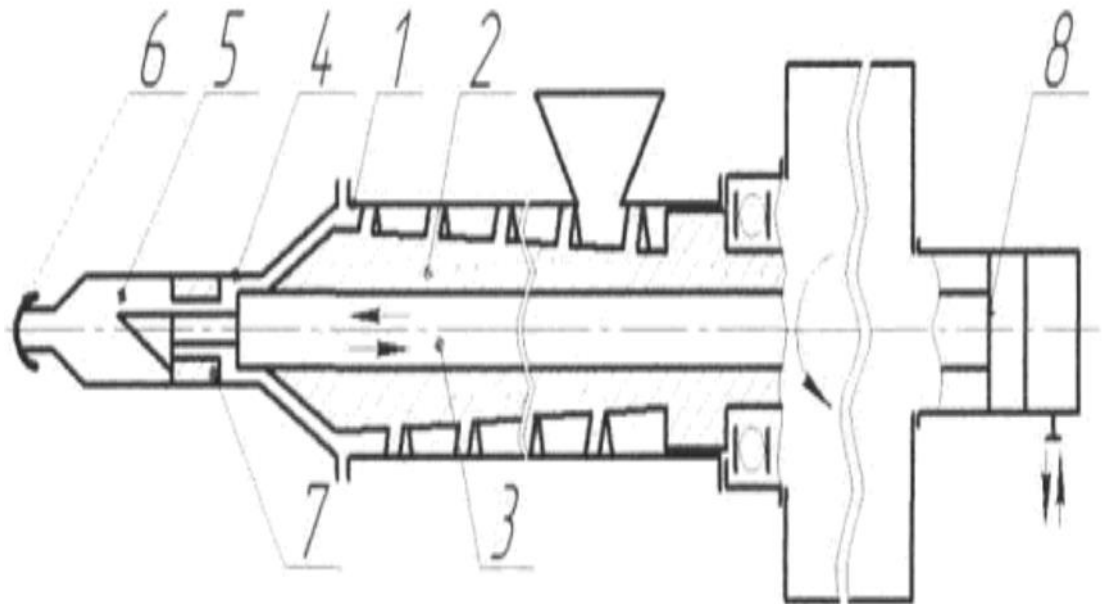


Рис.5 Машина для лиття під тиском

1 – матеріальний циліндр, 2 – пластикаційний шнек, 3 – плунжер, 4 – інжекційний циліндр, 5 – нагромаджувальна камера, 6 – випускне сопло, 7 – зворотний клапан, 8 – гідроциліндр інжекції.

В основу моделі патента [6] поставлено задачу вдосконалити машину для лиття під тиском, модернізація повина дати змогу забезпечити систему лиття під тиском, яка може згадуватися в даному документі як пристрій, машина або система для лиття під тиском з видавлюванням в наповнювач (ETF).

Система лиття під тиском зазвичай включає в себе пристрій для закривання сопла. Пристрій для закривання сопла може містити гвинтовий наконечник, який відкриває і закриває сопло. Використовуючи наконечник гвинта, щоб відкривати і закривати сопло, усувається холодна пробка в традиційній системі лиття під тиском, що дозволяє системі лиття під тиском працювати при більш низькому тиску уприскування. Більш низький тиск уприскування дозволяє зменшити товщину циліндра, що призводить до більш ефективного проведення нагрівання, який забезпечує більшу частину тепла, необхідного для плавлення матеріалів в циліндрі.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51.077246.01-70 ПЗ

Арк.

15

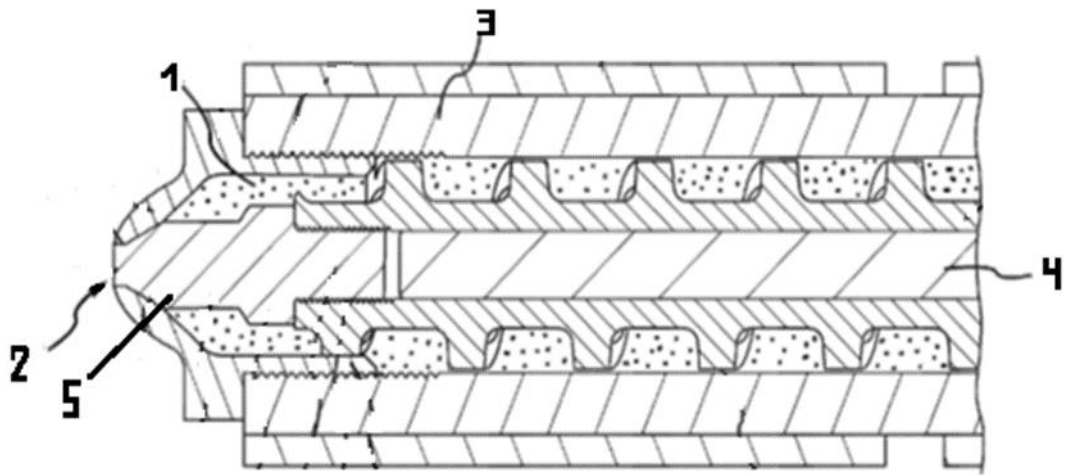


Рис. 6 Литтєва машина з перекритям сопла

1 – матеріал, 2 – сопло, 3 – корпус, 4 – шнек, 5 – гвинт наконечник.

#### 4.2. Обґрунтування обраної модернізації

В процесі розгляду патентів найбільш близькими до вирішення задачі модернізації інжекційного механізму є технічні рішення [4] та [6] за допомогою яких маємо можливість збільшення продуктивності, тривалості роботи та гомогенізуючих властивостей шнека. Але найдоцільнішим буде використання рішення патенту [6]. Конструкція цього шнека з гвинтом пробкою дає змогу ліквідувати холодну пробку і зберегти тепло.

В результаті такої модифікації забезпечується висока ефективність процесу лиття, що призводить до збільшення періоду експлуатації робочого органу та зменшення витрати електроенергії та залишків, що дає змогу істотно збільшити термін роботи литтєвої машини та її продуктивність.

Одже в результаті літературно-патентного огляду вибрано варіант патенту [6] з модернізацією інжекційного механізму.

В якому вдосконалення інжекційного механізму полягає в модернізації головки шнека, а саме виготовляється спец пробка яка вкручується в шнек і підчас інжекції запобігає утворенню холодної пробки. Все це веде до підвищення продуктивності і ефективності ТПА, а отже і продукції високої якості в широкому діапазоні технологічних режимів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51.077246.01-70 ПЗ

Арк.

16



## 5 Охорона праці

Випадки травматизму, професійних та професійно зумовлених захворювань, які мають місце на підприємствах часто виникають через порушення відповідних норм техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки при проектуванні підприємств, технологічних процесів, основного та допоміжного виробничого устаткування. Часто окремі недоліки або помилки, допущені в проекті, стають побічними або безпосередніми причинами аварій, пожеж, вибухів, нещасних випадків, професійних та професійно зумовлених захворювань. Тому розробка комплексу питань з охорони праці є обов'язковою вимогою. Сучасний розвиток науки та техніки приносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, суттєво змінюючи технологічні процеси та матеріали що використовуються, предмети та знаряддя праці. В свою чергу зміни технології та устаткування призводять до трансформації умов праці та трудового процесу в цілому. Тому при розробці нової техніки, технологічних процесів, організації виробництва необхідно провести науковий аналіз можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів та розробити заходи і засоби, спрямовані на зменшення їх несприятливого впливу на працюючу людину.

Відповідно до теми дипломного проекту «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму».

ТПА для виробництва деталей знаходиться в приміщенні довжиною 30м, Шириною 10м, висотою 6м,  $S=40\text{м кв}$ ,  $V=240\text{м куб}$ .

При обслуговуванні оператором ТПА можуть виникнути наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори: - повітря робочої зони;

- ураження електричним струмом;
- вплив механізмів, які рухаються;
- пожежна небезпека;
- виробничий шум.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.1 Повітря робочої зони.

Виходячи з прийнятої технологічної схеми маємо приміщення без надлишкового тепловиділення, тобто  $Q < 20$  ккал/год  $\text{м}^3$  або  $Q < 23.27$  Дж/с.  $\text{м}^3$  Категорія робіт оператора легка, так як показник енерговитрати складає до 273 Дж/с. Параметри повітря робочої зони представлені в таблиці 5.1.1, в якій вказані також оптимальні умови[9].

Таблиця 5.1.1– Параметри повітря робочої зони

Сезон року	Категорія робіт	Оптимальна температура, °C	Фактична температура, °C	Оптимальна вологість %	Фактична відносна вологість %	Оптимальна швидкість руху повітря, м/с	Фактична швидкість руху повітря, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодний період року	Легка І	19-25	19-20	40-60	40-65	$V > 0,2$	0,2
Теплий період року	Легка І	19-25	20-25	70	40-70	$V > 0,2$	0,2

Параметри повітря робочої зони відповідають ГОСТ 12.1.005-88 і ДСН 3.3.6.042-99.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі виробництва деталей із композиційних матеріалів видаляються шкідливі речовини, такі як: формальдегіди, ацетальдегіди, двоокис і окис

вуглецю. Гранично допустима концентрація для цих речовин наступна:

- формальдегід - 6 мг/м
- ацетальдегід — 8 мг/м
- двоокис і окис вуглецю — 20 мг/м

Для відводу цих речовин в конструкції лінії передбачена місцева вентиляція, відкритого типу. до місцевих відсмоктувачів відкритого типу належать витяжні зонти (рисунок 3.2), всмоктувальні панелі, бортові відсмоктувачі. Витяжні зонти передбачені для вловлювання випарів шкідливих речовин, які направлені вгору. Їх доцільно використовувати у випадку, коли джерело утворення пилу, парів та газів переміщується по площині робочого місця, як в горизонтальній, так, і у вертикальній площинах.

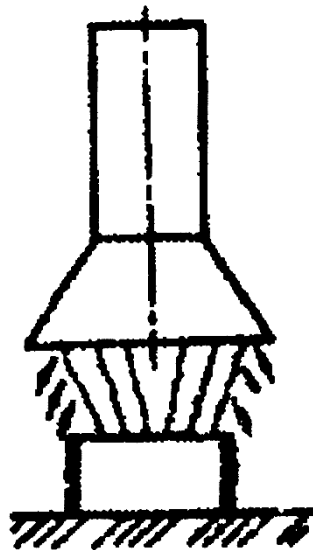


Рисунок 5.1.1 – Конструкція витяжного зонта.

Фактична концентрація для цих речовин така:

- формальдегід — 4 мг/м
- ацетальдегід — 5 мг/м
- двоокис і окис вуглецю — 1 мг/м

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При проектуванні штучної (механічної) вентиляції, яка призначена для вилучення з приміщення надлишків тепла, вологи та інших шкідливих виділень

Розрахунок механічної вентиляції повинен включати визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, пожежо - чи вибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей ( загальнообмінні або місцеві системи для вентиляції ); визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи із відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, які вилучаються з приміщення, або надлишкового тепла, яке необхідно асимілювати до санітарно - допустимих норм відповідно ГОСТ 12.1.005—96

Забезпечення параметрів здійснюються в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70-90 °С, а в теплий час року вентиляцією.

Виділення продуктів випару трансформаторної оливи і пилу солей з установки неможливо через те, що пильник герметичний.

## 5.2 Електробезпека

За класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення цеху, де встановлена данна лінія відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою.

За характером навколишнього середовища, приміщення характеризується як вологе (відносна вологість повітря у приміщенні близько 75%).

Оскільки для роботи лінії використовується напруга 220/380 з частотою 50 Гц, то використовуємо трифазну трипроводову мережу з ізолюваною нейтраллю.

Засоби забезпечення електробезпеки:

а) в робочому режимі

- забезпечено недосяжності струмоведучих частин (ізоляція, розташування

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на недосяжній висоті, більш 2,5 м., огорожа);

- подвійна ізоляція, яка виконана з діелектричних матеріалів з питомим опором не менше ніж  $R = (10^8 \dots 10^{17}) \text{ Ом} \cdot \text{см}$  ;

- наявність позначень на електричних частинах (фарбування, надписи, позначення проводів різними кольорами: фаза А – жовтий, фаза В – зелений, фаза С – червоний, нульовий, або нульовий захисний – жовтий із зеленими полосами);

б) в аварійному режимі:

- захисне заземлення, опір якого не перевищувати: у мережах до 1000В – 4 Ом, у мережах понад 1000В – не більше 0,5 Ом.

Ці заходи проведені згідно ГОСТ 12.1.030 – 86.

Забезпечення електробезпеки при проектуванні апаратів для даної лінії є дуже важливим чинником, знижує смертність та травматизм серед обслуговуючого персоналу в виробничих умовах.[9]

## 5.4 Виробниче освітлення

У виробничих приміщеннях при виконанні робіт 1-4 розрядів використовується, як правило, комбінована система, освітлення, оскільки досягнення необхідної освітленості при загальній системі освітлення вимагає значних витрат електричної енергії і є недоцільним. З цієї ж точки зору слід надавати перевагу локалізованому, загальному освітленню, в тому числі і в системі комбінованого, витримуючи при цьому допустимі норми нерівномірності освітлення

ТПА для виробництва деталей знаходиться в приміщенні довжиною 30м, Шириною 10м, висотою 6м.

Нормативна освітленість  $E_n$ -300 лк.

Встановлені світильники типу ДРЛ-400 з лампами ЛЕ (для нашого приміщення три ряди). В кожному ряду повний світловий потік ламп повинен складати  $\Phi=35000$  лм. Якщо прийняти світильники з двома лампами , то необхідна кількість світильників в ряду 15, а в приміщенні 45.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактична освітленість  $E_f$ -320 що відповідає ДБНВ 2.5.2.8-2006

### 5.5 Виробничий шум

Джерелом шуму при роботі обладнання є електродвигуни. Загальний рівень шуму становить  $L = 96 - 98$  дБА

Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- встановлення екранів ( $\Delta L = 15$  дБА)
- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться ( $\Delta L = 6$  дБА)
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом ( $\Delta L = 8$  дБА)

Фактичні показники шуму 65 дБА, що відповідає ДСН 3.36.037-99.

Джерелом вібрації являються електродвигуни і обертаючі частини лінії. Вібрації виникають внаслідок неточності установки обертаючих частин, нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

Це досягається наступними заходами:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;
- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проекування додаткових ребер жорсткості.

Для захисту рук від впливу загальної вібрації передбачене взуття на товстій гумовій підошві, відповідно до ГОСТ 12. 4. 002-74.

Для контролю рівня шуму і вібрації передбачений прилад ВШВ-003 і шумо-віброзамірний комплекс ШВК-1.

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.7 Пожежна безпека

Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільш імовірними є такі:

- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;
- використання вогню в неналежному місці.

Температура горіння дорівнює 350 градусів Цельсія.

Технологічний процес виробництва деталей з композиційних матеріалів відноситься до категорії В (ОНТП-24-86) .

Стійкість споруда відповідає ступеню вогнестійкості II. Згідно ПУЕ клас зони установки IIIa.

Запобігання заpalення забезпечується такими мірами:

- дотриманням технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- палінням тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасним проведенням інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організацією агітації по протипожежній безпеці;
- наявністю засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявністю засобів пожежегасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, ковдри, вогнегасники).

Для гасіння невеликих ділянок загорання при виключеному та включеному (до 1000В.) електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (6 шт.) та порошкові ОП-10 (3 шт.).

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщенні, де розташовується установка, на відстані 30 метрів одне від одного повинні бути встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу повинна бути не більше 40 метрів.

Кількість виходів - не менше двох. Ширина дверей еваковиходу - 2 метри. Двері еваковиходу повинні відкриватись на зовні.

#### Безпека технологічного процесу і обладнання

Технологічна лінія виробництва листів із композиційних матеріалів повністю автоматизована. Проводиться контроль, реєстрація, регулювання тиску, температури, числа обертів електродвигунів відповідно: манометрами, термопарами, варіаторами.

У випадку підвищення допустимих робочих параметрів спрацьовують відповідні аварійні програми.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Висновки

Дипломний проект виконано згідно з темою “ Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму ”.

В дипломному проекті здійснено проектування ТПА що використовується у виробництві пластикових деталей.

Дипломний проект містить вступ, призначення та область використання ТПА та механізму пластикації, опис технологічного процесу, та його схеми лінії, технічну характеристику ТПА, опис конструкції ТПА, основних збиральних одиниць та деталей, патентний огляд, відповідність ТПА до вимог охорони праці.

Приведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції ТПА .

Модернізацією даного дипломного проекту є вдосконалення конструкції інжекційного механізму, а саме встановлення допоміжної пробки яка перекриває сопло, що дає змогу впливати як на продуктивність обладнання, так і на ергономічність.

В проекті виконані креслення Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму, шнек, корпус, трьохкулачковий патрон, 3Д модель пробки з деформацією.

До креслень додається комплект специфікацій.

					ЛП51.077246.01-70 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей. - М.: Машиностроение, 1965. - С. 200, рис. 90.
2. Патент №100079 Україна, МПК В29С 45/46, 10.07.2015. МАШИНА ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ
3. Патент №68218 Україна, МПК В29С 45/46, 26.03.2012. ЛИТТЄВА МАШИНА
4. Патент №98878 Україна, МПК В29С 45/46, 12.05.2015. МАШИНА ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ
5. Патент №89061 Україна, МПК В29С 47/10, 10.04.2014. ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР
6. Патент №0029262 USA, МПК В29С 45/73, 01.02.2018. ЛИТТЕВА МАШИНА З ПЕРЕКРИТЯМ СОПЛА
7. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. - М.: Химия, 1986. - С. 267, рис. 5.18
8. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Москва Химия, 1986 488 с.
9. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д.—М.: Машиностроение, 1967. 364 с.
10. Основи охорони праці. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. —Львів: Афіша, 1999. 214 с.
11. Переробка вторинної сировини екструзією: Монографія, Мікульонок І.О., Радченко Л.Б. – Київ: НТУУ «КПІ», 2006. 184 с.
12. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас: навч. посібник Сокольський О.Л., Сівецький В.І., Мікульонок І.О. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. –148 с.
13. Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., Сівецький В.І., Радченко Л.Б. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів: навч. посібник Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 200 с.

					<i>ЛП51.077246.01-70 ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Розділ «Розрахунки»  
до дипломного проекту**

на тему:       Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізма

Київ – 2019 року

## Зміст

<b>1. РОЗРАХУНКИ ( КІНЕМАТИЧНІ, ПАРАМЕТРИЧНІ).....</b>	<b>3</b>
1.1 Розрахунок циклограми роботи машини .....	3
1.2 Розрахунок механізму замикання півформ .....	7
1.3 Розрахунок механізму запирання сопла .....	8
1.4 Розрахунок потужності по зоні дозування .....	9
1.5 Розрахунок продуктивності машини.....	10
1.6 Розрахунок продуктивності пластикатора.....	10
<b>2. РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВІ, МІЦНОСТІ, СТІЙКОСТІ.....</b>	<b>11</b>
2.1 Тепловий розрахунок пробки.....	11
2.2 Розрахунок системи охолодження пресформи .....	14
2.3 Розрахунок черв'яка на міцність .....	16
2.4 Розрахунок черв'яка на стійкість.....	18
<b>3. РОЗРОБКА ВУЗЛА КОНСТРУКЦІЇ В СИСТЕМІ AUTOCAD.....</b>	<b>19</b>
3.1 Завдання до розробки системи.....	19
3.2 Блок схема програми.....	19
3.3 Розрахункова схема.....	20
<b>4. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ В ANSYS.....</b>	<b>22</b>
4.1 Аналіз розрахунків .....	24
Список використаної літератури.....	25

					ЛП51.077246.02-70PP								
Зм.	Арк.	№ доким.	Підпис	Дата	Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму				Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Коноваленко										2	
Перевір.		Івницький											
Керівник									КПІ ім. Ігоря Сікорського				
Н. Контр.													
Затверд.		Гондляр											

# 1 РОЗРАХУНКИ ( КІНЕМАТИЧНІ, ПАРАМЕТРИЧНІ)

## 1.1 Розрахунок циклограми роботи машини

При виконанні литтєвої машини з таким механізмом інжекції ми досягаємо більшої продуктивності. Оскільки наш механізм може перекидати сопло за рахунок модернізації шнека. Це дає змогу збільшити годинну продуктивність машини, так як зменшується час циклу зарахунок швидшого заповнення матеріалом пресформи.

### Циклограма роботи стандартної машини:

Складові циклу роботи машини

Час вприску :

$$\tau_{\text{впр}} = \frac{h}{V_{\text{інж}}}$$

$h$  – величина ходу черв'яка, або та відстань на яку відійшов шнек при наборі дози. Приймається  $h=(1...3) D$

$V_{\text{інж}}$  - швидкість інжекції, яка не повинна перевищувати 0,05м/с;

Тоді:

$$\tau_{\text{впр}} = \frac{h}{V_{\text{інж}}} = \frac{0.09}{0.05} = 1.8$$

Час охолодження виробу:

$$\tau_{\text{ох}} = \frac{0.084 \cdot \delta^2}{\alpha} \lg \left( 0.785 \cdot \frac{T_{\text{вир}} - T_{\text{фор}}}{T_{\text{інж}} - T_{\text{фор}}} \right)$$

де  $\delta$  – товщина виробу;

$\alpha$  – коефіцієнт температуропровідності;

$T_{\text{фор}}$  - температура форми;

$T_{\text{вир}}$  - температура виробу;

$T_{\text{інж}}$  - температура розплаву в момент заповнення форми;

$$\tau_{\text{ох}} = \frac{0,084 \cdot \delta^2}{\alpha} \lg \left( 0,785 \cdot \frac{T_{\text{вир}} - T_{\text{фор}}}{T_{\text{інж}} - T_{\text{фор}}} \right) = \frac{0,084 \cdot 0,008^2}{1,12 \cdot 10^{-7}} \lg \left( 0,785 \cdot \frac{200 - 40}{90 - 40} \right) = 13,8 \text{ с}$$

$$\tau_{\text{ох}} = \frac{0.084 \cdot \delta^2}{\alpha} \lg \left( 0.785 \cdot \frac{T_{\text{вир}} - T_{\text{фор}}}{T_{\text{інж}} - T_{\text{фор}}} \right)$$

Час змикання (розмикання) форми:

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V}$$

де  $H_{ходу}$  – відстань між пів-формами;

$V$  – швидкість руху запираючого пристрою,  $V_{max} = 0.25 \text{ м/с}$

Тоді:

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V}$$

Тоді:

$$\tau_{впр} = \frac{h}{V_{інж}} = \frac{0,06}{0,04} = 1,5 \text{ с}$$

Час змикання (розмикання) форми:

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V},$$

де  $H_{ходу}$  - відстань між пів формами;

$V$  - швидкість руху запираючого пристрою,  $V_{max} = 0,25 \text{ м/с}$

Тоді,

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V} = \frac{0,6}{0,25} = 2,4 \text{ с}$$

Час запирання клапаном впорскуючого каналу:

$$\tau_{запир} = \frac{H_x}{V}$$

Загальний час циклу:

$$\tau = \tau_{ох} + \tau_{впр} + \tau_{п} + 2 \cdot \tau_{зм} + \tau_{запир}$$

Час пластикації:

$$\tau_{п} = \tau - \tau_{впорск} - \tau_{ох} - \tau_{зм}$$

Вагова продуктивність:

$$\Pi = \frac{V \cdot \gamma}{\tau_{пл}} \cdot 3600$$

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{затир} = \frac{H_x}{V} = \frac{0,2}{0,2} = 1c$$

Загальний час циклу:

$$\tau = \tau_{ох} + \tau_{впр} + \tau_n + 2 \cdot \tau_{зм} + \tau_{затир} = 13,8 + 1,5 + 2,4 \cdot 2 + 2,4 + 1 = 22,1c$$

Час пластикації:

$$\tau_{пл} = \tau_{ц} - \tau_{впорск} - \tau_{ох} - \tau_{зм} = 22,1 - 1,5 - 2,4 = 18,2c$$

Вагова продуктивність:

$$П = \frac{V \cdot \gamma}{\tau_{пл}} \cdot 3600 = \left( \frac{190 \cdot 10^{-6} \cdot 1050}{18,2} \right) \cdot 3600 = 33,4 \sim 33 \frac{кг}{год}$$

### Циклограма роботи модернізованої машини:

Розрахунок складових циклу

Час вприску :

$$\tau_{впр} = \frac{h}{V_{інж}}, \text{ де}$$

h – величина ходу черв'яка, або та відстань на яку відійшов шнек при наборі дози. Приймається  $h=(1...3) D$

$V_{інж}$  - швидкість інжекції, яка не повинна перевищувати 0,05м/с;

Тоді:

$$\tau_{впр} = \frac{h}{V_{інж}} = \frac{0,06}{0,04} = 1,5c$$

Час змикання (розмикання) форми:

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V},$$

де  $H_{ходу}$  - відстань між пів формами;

$V$  - швидкість руху запираючого пристрою,  $V_{max} = 0,25м/с$

Тоді,

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V} = \frac{0,6}{0,25} = 2,4с$$

Час охолодження литника:

$$\tau_{ох.литн} = \frac{R_{л}^2}{5,76 \cdot a} \cdot 2,31 \cdot \lg \cdot \frac{1,6 \cdot (T_{л} - T_{\phi})}{T_{вир} - T_{\phi}},$$

Де  $R_{л}$  - радіус литника;

$a$  – коефіцієнт температуропровідності полімеру;

Тоді,

$$\begin{aligned} \tau_{ох.литн} &= \frac{R_{л}^2}{5,76 \cdot a} \cdot 2,31 \cdot \lg \left( \frac{1,6 \cdot (T_{л} - T_{\phi})}{T_{вир} - T_{\phi}} \right) = \\ &= \frac{0,004^2}{5,76 \cdot 1,12 \cdot 10^{-7}} \cdot 2,31 \cdot \lg \left( \frac{1,6 \cdot (200 - 40)}{90 - 40} \right) = 8,2с \end{aligned}$$

Загальний час циклу:

$$\tau = \tau_{вир} + \tau_{п} + 2 \cdot \tau_{зм} + \tau_{ох.литн} + \tau_{очистки} = 1,5 + 5 + 2 \cdot 2,4 + 8,2 + 1 = 21,5с$$

Час пластикації:

$$\tau_{пл} = \tau_{ц} - \tau_{впорск} - \tau_{ох.литн} - \tau_{зм} = 21,5 - 1,5 - 8,2 - 2,4 = 9,4с$$

Вагова продуктивність:

$$П = \frac{V \cdot \gamma}{\tau_{пл}} \cdot 3600 = \left( \frac{190 \cdot 10^{-6} \cdot 1050}{9,4} \right) \cdot 3600 = 71,55 \sim 72 \frac{кг}{год}$$

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6



З розрахунків продуктивності та часу циклу видно, що продуктивність машини збільшилась в 1,22 рази.

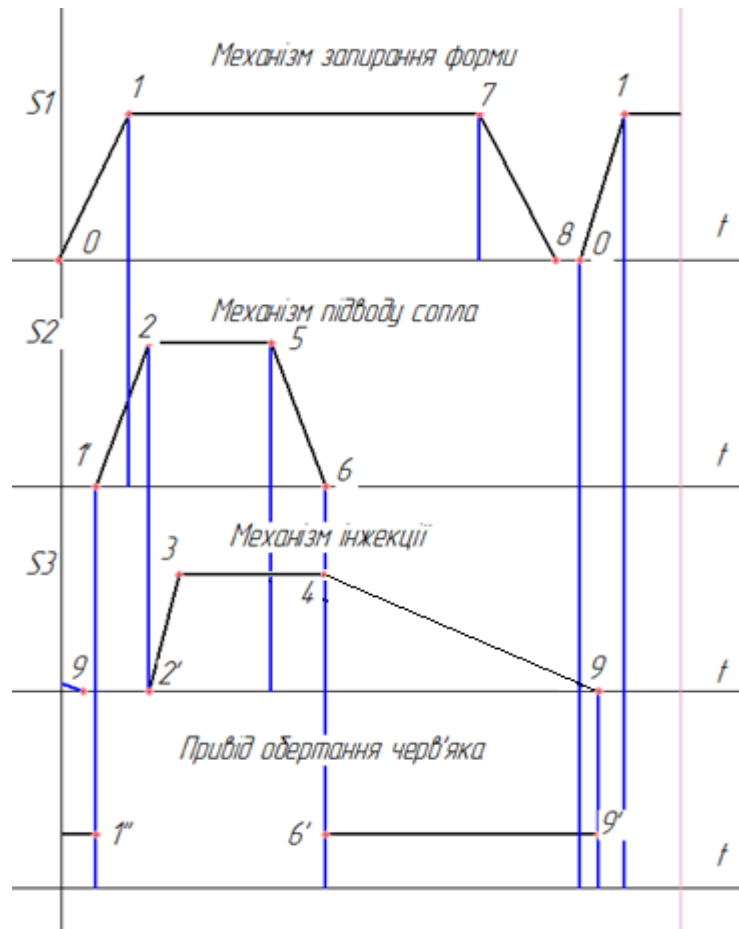


Рисунок 0.1 Циклограма роботи машини

### Опис роботи машини на циклограмі

- 0-1 - запирання форми;
- 1'-2-підвод сопла гідроциліндром
- 2'-3-підготовка перед впорскуванням
- 3-4-інжекція
- 5-6-відвод механізму інжекції
- 4-9-пластикація матеріалу
- 7-8-розмикання форми
- 6'-9'-обертання шнека;

## 1.2 Розрахунок механізму замикання півформ

Вихідні дані: тиск в системі запирання:  $P=25\text{МН/м}^2$  , довжина колони  $l=920\text{мм}$ , сила запирання форми  $P_{\phi}= 2200\text{кН}$ .

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Видовження колони за формулою:

$$\Delta l = \frac{P_{\phi} \cdot l_{\kappa}}{S_{\kappa} \cdot E_{\kappa}} = \frac{2,2 \cdot 10^6 \cdot 920}{\frac{3,14 \cdot 0,09^2}{4} \cdot 2 \cdot 10^{12}} = 0,17 \text{ мм},$$

де  $S_{\kappa}$  – площа поперечного перерізу колони;

$l_{\kappa}$  – довжина колони;

$E_{\kappa}$  – модуль пружності колони,  $E_{\kappa} = 2 \cdot 10^6 \text{ МПа}$

2. Площа перерізу поршня гідроциліндра системи запирання за формулою:

$$S = \frac{P - F_{\text{тр}}}{p_p} = \frac{2,5 \cdot 10^6 - 7000}{20 \cdot 10^6} = 0,126 \text{ м}^2,$$

$F_{\text{тр}}$  – сила тертя, Н;

$p_p$  – тиск рідини в системі запирання форми;

3. Діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,126 \cdot 4}{3,14}} = 0,28 \text{ м}$$

4. Об'єм камери гідроциліндра замикання:

$$V = S \cdot H = 0,126 \cdot 0,415 = 0,052 \text{ м}^3$$

### 1.3 Розрахунок механізму запирання сопла

1. Діаметру гідроциліндру запирання сопла:

$$D = 1/2 d_{\text{інж}}$$

$$D = 40/2 = 20 \text{ мм}$$

Де  $d_{\text{інж}}$  - діаметр гідроциліндру інжекції.

2. Розрахунок ходу сопла ведеться по формулі:

$$h_{\text{ход}} = L_{\text{рич}}/3$$

$$h_{\text{ход}} = 341,4/3 = 113,8 \text{ мм}$$

3. Розрахунок поперечного перерізу запирання сопла:

$$S = \pi d^2/4$$

$$S = 3,14 \cdot (140)^2/4 = 0,0154 \text{ мм}^2$$

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

4. Розрахунок об'єму гідравлічної рідини в гідроциліндрі запирання ведеться по формулі:

$$V = S \cdot h_{\text{ход}}$$

$$V = 0,113 \cdot 0,0154 = 0,00174 \text{ м}^3$$

#### 1.4 Розрахунок потужності по зоні дозування

Потужність визначимо за формулою:

$$I = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{3,14^2 \cdot 40^2 - 4 \cdot 50^2}{3,14^2} + \frac{3,14^2 \cdot 40^5}{50^2 + 3,14^2 \cdot 40^2} = 6148675 \text{ мм}$$

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) \cdot l_{\text{доз}} \cdot I \cdot \mu_x \cdot n^2}{36 \cdot t} \cdot 10^{-13} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} \cdot 10^{-5} =$$

$$= \frac{3,14^3 \cdot (50 - 5) \cdot 250 \cdot 6148675 \cdot 7,9 \cdot 180 \cdot 200^2}{36 \cdot 50} \cdot 10^{-13} +$$

$$+ \frac{6,47 \cdot 17 \cdot 200}{6} \cdot 10^{-5} = 6,7 \text{ кВт}$$

$n$  – кількість обертів черв'яка за хвилину;

$\mu$  – в'язкість в каналі, (Па · с),

$\alpha$  – коефіцієнт прямого потоку, мм<sup>3</sup>,

$\Delta P$  – тиск, МПа

Швидкість зсуву в гвинтовому каналі

$$\gamma_x = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{120 \cdot h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2 \cdot t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 40^2 \cdot 200}{120 \cdot 4,1 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 40^2 + 2 \cdot 50^2}} = 71 \text{ с}^{-1}$$

Потужність затрачувана в зазорі:

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot l_{\text{доз}} \cdot M_3 \cdot n^2}{36 \cdot \delta \cdot t} \cdot 10^{-13} = \frac{3,14^3 \cdot 40^3 \cdot 5 \cdot 250 \cdot 9,7 \cdot 10^2 \cdot 60^2}{36 \cdot 0,125 \cdot 50} \cdot 10^{-13} =$$

$$= 9,8 \text{ кВт}$$

Швидкість зсуву в зазорі

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot \delta} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 60}{60 \cdot 0,125} = 6280 \text{ с}^{-1}$$

Звідки в'язкість в зазорі приймаємо  $\mu_3 = 9,7 \cdot 10^2$  Па с [5];

$$N_{\text{г}} = N_1 + N_2 = 6,7 + 9,8 = 16,5 \text{ кВт}$$

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

$N_g$  – потужність затрачувана в зоні дозування

$$N_q = 2 N_g = 2 \cdot 16,5 = 33 \text{ кВт}$$

$N_q$  – потужність черв'яка

Потужність двигуна

$$N = \frac{N_q}{\eta} = \frac{33}{0,77} = 42,85 \text{ кВт}$$

$$\eta - \text{ККД приводу} = 0,77$$

### 1.5 Розрахунок продуктивності машини

Продуктивність залежить від кількості деталей, які одночасно виготовляються за один цикл, тобто від гніздності матриці та від часу одного циклу роботи.

Штучна продуктивність машини може бути розрахована по формулі:

$$П = m(3600/T_{\text{цикл}}) = 4(3600/186) = 75 \text{ шт/ч.}$$

### 1.6 Перевірочний розрахунок продуктивності пластикатора

*Вихідні дані:* Діаметр черв'яка 40 мм, діаметр гідроциліндра інжекції  $D=55$  мм, глибина гвинтової нарізки  $h=2$  мм, крок нарізки  $t=40$  мм, ширина гребня черв'яка  $e=4$  мм.

Розрахунок продуктивності пластикатора проведемо по зоні дозування:

$$Q = \alpha n - \frac{\beta \Delta P}{\mu_k} - \frac{\gamma \Delta P}{\mu_\zeta}$$

$$Q = \frac{\pi D n h (t - e)}{2} - \frac{h^2 (t - e)^2 \cos \varphi}{24 \mu} \Delta P - \frac{\pi^3 D^3 \operatorname{tg} \varphi \sin \varphi}{\mu e L} \Delta P$$

де  $\Delta P$  – тиск на виході з зони дозування, визначимо виходячи з величини протидії відходу черв'яка при наборі порції. Черв'як починає відходити коли тиск перед ним перевищує тиск в гідроциліндрі  $P_{г.ц.} = 10 \text{ МПа}$ .

В'язкість ПЕВТ приймаємо  $\mu = 180 \text{ Па.с}$  з графіку за значенням швидкості зсуву.

					ЛП51.077246.02-70РР	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma_x = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{120 \cdot h_2 \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2 \cdot t^2}} = \frac{3.14^2 \cdot 40^2 \cdot 80}{120 \cdot 20,5 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 40^2 + 2 \cdot 25^2}} = 25 \text{ c}^{-1}$$

$$\Delta P = P_{\text{з.ш.}} \cdot \frac{D_{\text{з.ш.}}^2}{D_{\text{ч.р.}}^2} = 10 \cdot \frac{55^2}{40^2} = 217,8 \text{ МПа}$$

Отже:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 9 \cdot 10^{-3} (60 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3})}{2} - \frac{(9 \cdot 10^{-3})^2 (60 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3})^2 \cos(17^\circ)}{24 \cdot 180} \cdot 80 \cdot 10^6 - \frac{3,14^3 (60 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \text{tg}(17^\circ) \cdot \sin(17^\circ)}{180 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 82 \cdot 10^{-3}} \cdot 80 \cdot 10^6 = 215,45 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

Черв`як відповідає необхідним параметрам.

## 2 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВІ, МІЦНОСТІ, СТІЙКОСТІ

### 2.1 Тепловий розрахунок пробки

Метою теплового розрахунку є перевірка системи теплообміну машини за сталої роботи. Для цього використовуємо рівняння теплового балансу:

$$G_M \cdot C_{МП} \cdot t_{МП} + Q_N + Q_{HK} + G_X \cdot C_{ХП} \cdot t_{ХП} = G_M \cdot C_{МК} \cdot t_{МК} + G_X \cdot C_{ХК} \cdot t_{ХК} + Q_{\epsilon},$$

$G_M$  - вагова продуктивність машини,  $G_M = 71,55 \text{ кг/год}$ ;

$C_{МП}$  - теплоємність матеріалу на початку розплавлення,

$$C_{МП} = 2,09 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$$

$C_{МК}$  - теплоємність матеріалу в кінці розплавлення,

$$C_{МК} = 2,85 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$$

$t_{МП}$  - температура матеріалу на вході в пресформу,  $t_{МП} = 190^\circ\text{C}$ ;

$t_{МК}$  - температура готового продукту,  $t_{МК} = 75^\circ\text{C}$ ;

$Q_N$  - потужність машини, перетворена в теплоту, Вт;

$G_X$  - витрати рідини для охолодження машини, Вт;

$C_{ХП}$  - питома теплоємність охолоджувальної рідини на вході

охолоджувальної ділянки,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$

$C_{ХК}$  - питома теплоємність охолоджувальної рідини на виході з

охолоджувальної ділянки,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$t_{\text{хп}}$  - початкова температура рідини для охолодження,  $t_{\text{хп}} = 20^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{хк}}$  - кінцева температура рідини для охолодження,  $t_{\text{хк}} = 21,5^\circ\text{C}$ ;

$Q_{\text{с}}$  - витрати теплоти корпусом та головою машини в навколишнє середовище, Вт.

Складові теплового балансу визначають так.

Теплота від перетворення потужності двигуна

$$Q_N \cong N = 25,58 \text{ кВт},$$

де  $N$  - потужність двигуна черв'ячної машини, кВт,  $N = 25,58 \text{ кВт}$ .

Витрати теплоти корпусом машини в навколишнє середовище:

$$Q_{\text{с}} = F \cdot \alpha_{\text{с}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{с}}) = 0,62 \cdot 14,5 \cdot (190 - 75) = 1,03 \text{ кВт},$$

де  $\alpha_{\text{с}}$  - інтенсивність тепловіддачі вільною конвекцією від корпусу до повітря,  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$ ;  $t_{\text{п}}, t_{\text{с}}$  - температура відповідно зовнішньої поверхні ізолюваного корпусу і навколишнього середовища;  $F$  - площа зовнішньої поверхні корпусу,  $\text{м}^2$ ;

Витрати рідини знайдемо з рівняння теплового балансу:

$$G_X = \frac{Q_N - G_M C_M (t_{\text{МК}} - t_{\text{МП}}) - Q_{\text{ВТ}}}{\bar{C}_X \cdot (t_{\text{ХК}} - t_{\text{ХП}})} = \frac{25,58 - 71,55 \cdot 2,09 \cdot (190 - 75) - 1,03}{4,221 \cdot (20 - 21,5)} = 1,86 \text{ кг/с},$$

де  $\bar{C}_X$  - середнє значення питомої теплоємності води,

$$\bar{C}_X = 4,221 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Кількість теплової енергії, яка відводиться охолоджувальною рідиною,

$$Q_X = G_X \cdot C_X \cdot (t_{\text{ХК}} - t_{\text{ХП}}) = 1,86 \cdot 4,221 \cdot (21,5 - 20) = 10,1 \text{ кВт}.$$

З іншого боку

$$G_X = 3600 \cdot f \cdot v \cdot \rho,$$

де  $f$  - площа перерізу каналу,  $\text{м}^2$ ,

$$f = n \cdot s \cdot h \cdot \cos \varphi = 2 \cdot 0,02 \cdot 0,0255 \cdot \cos 14^\circ = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де  $n$  - кількість заходів спіралі,  $n = 2$ ;  $s, h$  - відповідно ширина і та висота каналу,  $s = 0,02 \text{ м}, h = 0,0255 \text{ м}$ ,  $\varphi$  - кут нахилу спіралі,  $\varphi = 14^\circ$ ,  $\rho$  - густина охолоджувальної рідини,  $v$  - швидкість руху охолоджувальної рідини між кожухом і корпусом.

Визначимо швидкість руху рідини

$$v = \frac{G_X}{f \cdot 3600} = \frac{1,86}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} = 0,55 \text{ м/с}.$$

Визначимо критерій Рейнольдса для розв'язання критеріального рівняння конвективного теплообміну в каналі охолодження:

					ЛП51.077246.02-70РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$Re = \frac{v \cdot d_{екв.}}{\nu} = \frac{0,55 \cdot 0,0063}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 182,63 < 2300 - \text{ламінарний режим,}$$

де  $d_{екв.}$  - еквівалентний діаметр каналу,

$$d_{екв.} = \frac{4 \cdot f}{2 \cdot n \cdot \pi \cdot d_k} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10 \cdot \pi \cdot 0,01} = 0,0063 \text{ м.}$$

Коефіцієнт тепловіддачі вимушеною конвекцією можна знайти за допомогою критеріального рівняння:

$$Nu = 0,17 Re^{0,33} Gr^{0,1} Pr^{0,43} \left( \frac{Pr_p}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}$$

де  $Nu$ ,  $Gr$ ,  $Pr$  - відповідно критерії Нусельта, Грасгофа та Прандтля при температурі потоку та стінки відповідно.

Критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{g \cdot d_{екв.}^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t = \frac{9,81 \cdot (0,01)^3}{(59,9 \cdot 10^{-2})^2} \cdot 2,65 \cdot 10^{-3} \cdot (190 - 75) = 1,32 \cdot 10^{-5},$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння;

$\nu$  - кінематична в'язкість води,  $\nu = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;

$\beta$  - коефіцієнт об'ємного розширення,  $\beta = 4,12 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$ ;

де  $t_0$  - визначальна температура,  $t_0 = \frac{t_{к.зос.} + t_0'}{2} = \frac{70 + 20}{2} = 45^\circ \text{C}$ ,

$Pr$  - критерій Прандтля,  $Pr_p = 7,02$ ,  $Pr_{cm} = 2,55$

Знаходимо критерій Нусельта:

$$Nu = 0,17 Re^{0,33} Gr^{0,1} Pr^{0,43} \left( \frac{Pr_p}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} = 0,17 (175,69)^{0,33} (1,32 \cdot 10^{-5})^{0,1} (7,02)^{0,43} \left( \frac{7,02}{2,55} \right)^{0,25} = 26,15$$

Тепер з критерію Нусельта знайдемо Коефіцієнт тепловіддачі від полімеру до стінки:

$$\alpha_s = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{екв.}} = \frac{26,15 \cdot 59,4 \cdot 10^{-2}}{0,01} = 1566,38 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності охолоджувальної рідини за визначальної температури,  $\lambda = 59,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ ,

Розрахунковий коефіцієнт тепловіддачі від поверхні корпусу до охолоджувальної рідини:

$$\alpha_{сп} = \alpha_s \cdot \varepsilon_L \cdot \varepsilon_R = 1566,38 \cdot 1,07 \cdot 1,86 = 3117,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

де  $\varepsilon_L$  - поправка на вплив вхідної ділянки,  $\varepsilon_L = f\left(\frac{l}{d_{екв.}}, Re\right)$ ,  $\varepsilon_L = 1,07$  при

$$\frac{l}{d_{екв.}} = 31,$$

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$\varepsilon_R$  - поправка на кривизну каналу,

$$\varepsilon_R = 1 + 1,77 \cdot \frac{2 \cdot d_{екв.}}{D_c} = 1 + 1,77 \cdot \frac{2 \cdot 0,0063}{0,092} = 1,86.$$

Коефіцієнт теплопередачі від розплаву полімеру через сталеву стінку:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_\delta} + \frac{\delta}{\lambda_{ст.}} + \frac{1}{\alpha_{сп}}} = \frac{1}{\frac{1}{1566,38} + \frac{0,03}{42,95} + \frac{1}{3117,4}} = 711,1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

де  $\delta$  - товщина оболонки;  $\alpha_M$  - інтенсивність тепловіддачі полімерного розплаву;  $\delta$  - товщина стінки;  $\lambda_{ст.}$  - коефіцієнт теплопровідності сталі,  
 $\lambda_{ст.} = 42,95 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}.$

Кількість теплоти, що відводиться під час охолодження черв'яка:

$$Q_2 = K \cdot l \cdot \Delta t_c = 711,1 \cdot 0,32 \cdot 100,76 = 22,9 \text{ кВт}.$$

$$\text{де } \Delta t_c = \frac{\Delta t_\delta - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_M}} = \frac{(190 - 20) - (75 - 21,5)}{\ln \frac{(190 - 20)}{(75 - 21,5)}} = 100,76^\circ \text{C}.$$

де  $\Delta t_\delta$  - найбільший перепад температур у процесі теплопередачі від розплаву до охолоджувальної рідини,  $\Delta t_\delta = t_{рп} - t_{х.}$ ;  $\Delta t_M$  - найменший перепад температур у процесі теплопередачі від розплаву до охолоджувальної рідини,  $\Delta t_M = t_{рп} - t_{х.}$

Загальна кількість теплоти, що відводиться за рахунок теплопередачі:

$$Q_{заг} = Q_x + Q_\delta + Q_2 = 9,64 + 1,03 + 22,9 = 33,57 \text{ кВт}.$$

Необхідна потужність нагрівачів на корпусі повинна складати:

$$Q_{нк} = Q_{заг} - Q_N + Q_2 = 33,57 - 16,36 = 17,21 \text{ кВт}$$

## 2.2 Розрахунок системи охолодження форми

Час охолодження виробу:

$$\tau_{ох} = \frac{0,084 \cdot \delta^2}{a} \lg \left( 0,785 \cdot \frac{T_{вир} - T_{фор}}{T_{інж} - T_{фор}} \right),$$

де  $\delta$  - товщина виробу;

$a$  - коефіцієнт температуропровідності ПЕВТ;

$T_{фор}$  - температура форми;

$T_{вир}$  - температура виробу;

$T_{інж}$  - температура розплаву в момент заповнення форми;

$$\tau_{ох} = \frac{0,084 \cdot \delta^2}{a} \lg \left( 0,785 \cdot \frac{T_{вир} - T_{фор}}{T_{інж} - T_{фор}} \right) = \frac{0,084 \cdot 0,005^2}{1,12 \cdot 10^{-7}} \lg \left( 0,785 \cdot \frac{75 - 40}{190 - 40} \right) = 10,94 \text{ с}$$

Час вприску :

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



$$\tau_{\text{впр}} = \frac{h}{V_{\text{інж}}}, \text{ де}$$

h – величина ходу черв'яка, або та відстань на яку відійшов шнек при наборі дози. Приймається  $h=(1...3) D$

$V_{\text{інж}}$  - швидкість інжекції, яка не повинна перевищувати 0,05м/с;

Тоді:

$$\tau_{\text{впр}} = \frac{h}{V_{\text{інж}}} = \frac{0,06}{0,04} = 1,5 \text{ с}$$

Час циклу

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{с}} + \tau_{\text{впр}} = 10,94 + 5 + 2 = 17,94 \text{ с}$$

$T_{\text{с}}$ - час змикання,  $T_{\text{с}}=3-5 \text{ с}$

Кількість теплоти, що надійшло з розплавом

$$Q_0 = m_0 C_0 (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) = 0,391 * 1,92 * 10^{-3} * (190 - 146) = 4 * 10^4 \text{ Дж}$$

$m_0$ - маса відливки,

$C_0$ - питома теплоємність матеріалу,  $C_0 = 1,92 * 10^3 \text{ Дж/кгК}$

$t_{\text{к}}$ - температур розплаву

$$t_{\text{к}} = t_{\text{ф}} + \frac{2 \times (t_{\text{к}} - t_{\text{ф}})}{\pi} = 40 + \frac{2 \times (190 - 40)}{3,14} = 127^{\circ} \text{ C}$$

Кількість теплоти, яка відводиться холодоагентом  $Q_x = Q_0$

Витрата холодоагенту

$$q_x = \frac{Q_x}{C_x \times \Delta t_x} = \frac{4 \times 10^4}{4,18 \times 3} = 31 \times 10^2 \text{ кг/с}$$

де  $C_x = 4,18 \text{ Дж/кг}^{\circ} \text{ К}$  - вода

$\Delta t_x$  - різниця  $t$  на вході й виході  $\Delta t_x = 2-4^{\circ} \text{ C}$

Витрата холодоагента через пуансон і матрицю

$$q_x^n = \frac{q_x \times F_p}{F_{\text{св}}} = \frac{31 \times 10^2 \times 1256}{424} = 91,8 \times 10^2 \text{ кг/с}$$

$$q_x^m = \frac{q_x \times F_m}{F_{\text{св}}} = \frac{31 \times 10^2 \times 1659}{424} = 121,3 \times 10^2 \text{ кг/с}$$

Діаметр каналу

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$d_{\kappa}^n = 1,13 \sqrt{f_{\kappa}^n} = 1,3 \text{ мм},$$

$$f_{\kappa}^n = \frac{\theta_x^n}{\rho_x \cdot \tau_y \cdot \omega} = \frac{0,46}{1000 \cdot 685,5 \cdot 0,5} = 1,32 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$$

$$d_{\kappa}^m = 1,13 \sqrt{f_{\kappa}^m} = 2,3 \text{ мм},$$

Довжина каналу

$$l_{\kappa}^n = \frac{F_n}{\pi \times d_{\kappa}^n} = 15 \text{ мм}$$

$$l_{\kappa}^{n(m)} = \frac{F_{n(m)}}{\pi \times d_{\kappa}^{n(m)}} = 18 \text{ мм}$$

### 2.3 Розрахунок черв'яка на міцність

Розрахунок черв'яка на міцність – перевірка спроектованих на підставі попередніх розрахунків розмірів черв'яка. Проведемо її по зоні завантаження, так як черв'як має тут найменший діаметр.

Вихідні дані:

- матеріал черв'яка: сталь 38ХМЮА;
- густина матеріалу:  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ ;
- $\sigma_{пл.} = 300 \text{ МПа}$ ;
- діаметр черв'яка в зоні завантаження:  $d_1 = 40 \text{ мм}$ ,
- тиск при видавлюванні матеріалу:  $P_{інж.} = 150 \text{ МПа}$ .

Розрахункова схема черв'яка зображена на (рис.8.1).

1. Вісьове зусилля:

$$T_{вісь.} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot P_{інж.} = \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} \cdot 150 = 282600 \text{ Н},$$

2. Розподільне навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 14,619}{1,0395} = 137,96 \text{ Н/м},$$

де  $G$  - маса черв'яка,

$$G = \frac{\pi \cdot (d_1 - d_0)^2}{4} \cdot \rho \cdot l = \frac{3,14 \cdot (40 - 0)^2}{4} \cdot 7600 \cdot 10^{-9} \cdot 1120 = 13,32 \text{ кг},$$

3. Величина стискуючого напруження:

$$\sigma_{стиск.} = \frac{T_{вісь.}}{S_{I-I}} + \frac{M_{зв.}}{W_{I-I}} = \frac{282600}{1,7 \cdot 10^{-3}} + \frac{76}{2,8 \cdot 10^{-5}} = 224,4 \text{ МПа}.$$

					ЛП51.077246.02-70РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

де

$$S_{I-I} = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot (1 - \alpha^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,04)^2 \cdot (1 - 0^2)}{4} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

$$M_{зз.} = \frac{1}{2} \cdot G \cdot l_p = \frac{1}{2} \cdot 14,619 \cdot 1,0395 = 7,6 \text{ кз} / \text{м}^2 = 76 \text{ Н} / \text{м}^2,$$

$$W_{I-I} = \frac{\pi \cdot d_1^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot (0,04)^3 \cdot (1 - 0^4)}{32} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

4. Величина згинального напруження:

$$\sigma_{згн.} = \frac{M_{зз.}^{I-I}}{W_{I-I}} = \frac{76}{2,8 \cdot 10^{-5}} = 2,95 \text{ МПа}.$$

5. Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр.}}{W_{пол.}^{I-I}} = \frac{312,31}{1,7 \cdot 10^{-5}} = 22,3 \text{ МПа},$$

де

$$M_{кр.} = \frac{9549 \cdot N_{дс.}}{n} = \frac{9549 \cdot 3}{100} = 312,31 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$W_{пол.}^{I-I} = \frac{\pi \cdot d_1^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot (0,04)^3 \cdot (1 - 0^4)}{16} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

6. Еквівалентні напруження:

$$\sigma_{екв.} = \sqrt{(\sigma_{стгн.})^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{(224,4)^2 + 4 \cdot (21,5)^2} = 201,8 \text{ МПа}.$$

7. Коефіцієнт запасу міцності:

$$n_z = \frac{\sigma_{пл.}}{\sigma_{екв.}} \leq [n_{дон.}],$$

де  $[n_{дон.}] = 1,6 \dots 2,$

$$n_z = \frac{400}{208,51} = 1,45.$$

Умови роботи забезпечуються.

## 2.4 Розрахунок черв'яка на стійкість

Гнучкість черв'яка визначаємо за формулою[1]:

$$\lambda = N_y \frac{L}{I} = \frac{1,134 \cdot 2}{0,0158} = 144$$

					ЛП51.077246.02-70РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

де  $N_y$  – коефіцієнт, який залежить від способу закріплення вала (консолі)=2,

$L = 1,134$  м - довжина черв'яка,

$I$  – радіус інерції перерізу,

$D = 0,040$  м – діаметр черв'яка.

$$I = \left( \frac{I_1}{F} \right)^{0.5} = \left( \frac{7,7 \cdot 10^{-7}}{6,3 \cdot 10^{-3}} \right)^{0.5} = 0,0111 \text{ м}^2$$

Момент інерції поперечного перерізу:

$$I_1 = \frac{\pi D^2}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,040^2}{64} = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4.$$

Визначимо допустиме напруження на стійкість:

$$[\sigma]_b = F_1 [\sigma]$$

де  $F_1=0,156$  – коефіцієнт зменшення основного допустимого напруження.

$$[\sigma] = 250 \text{ МПа}$$

$$\text{Тоді } [\sigma]_b = 0,156 \cdot 250 = 32 \text{ МПа}.$$

Визначаємо дійсні напруження стійкості

$$\sigma = \frac{Q}{F} = \frac{116892}{3,1 \cdot 10^{-3}} = 15,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma < [\sigma]_d$$

Стійкість черв'яка забезпечена.

					ЛП51.077246.02-70РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

### 3 РОЗРОБКА ВУЗЛА КОНСТРУКЦІЇ В СИСТЕМІ AUTOCAD

#### 3.1 Завдання до розробки системи

Розробити програмне забезпечення для проектування опорного ролику. Програму виконати на функціональній мові AutoLISP в програмному середовищі AutoCAD. Програмне забезпечення має містити автоматизовану систему що забезпечує:

- 1) можливість вводу вихідних розмірів засобами багаторівневого віконного меню та графічних засобів;
- 2) оперативну обробку проектної документації, виконаної в системі AutoCAD;
- 3) можливість доповнення системи програмами для виконання креслень нових деталей без суттєвого доопрацювання системи;
- 4) побудова твердотільної моделі типу SOLID для подальшого нанесення сіткової області та проведення розрахунків на міцність;
- 5) вихідні тексти програм повинні бути написані на функціональному мовою

AutoLISP і орієнтовані на використання в середовищі AutoCAD.

#### 3.2 Блок схема програми.

Блок-схема програми приведена на (Рисунок 3.1) Вона складається з наступних блоків:

1. Введення початкових даних;
2. Перевірка правильності введення;
3. Визначення базових точок;
4. Блок виконання креслення;
5. Блок виконання твердотільної моделі;
6. Зупинка

					ЛП51.077246.02-70РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

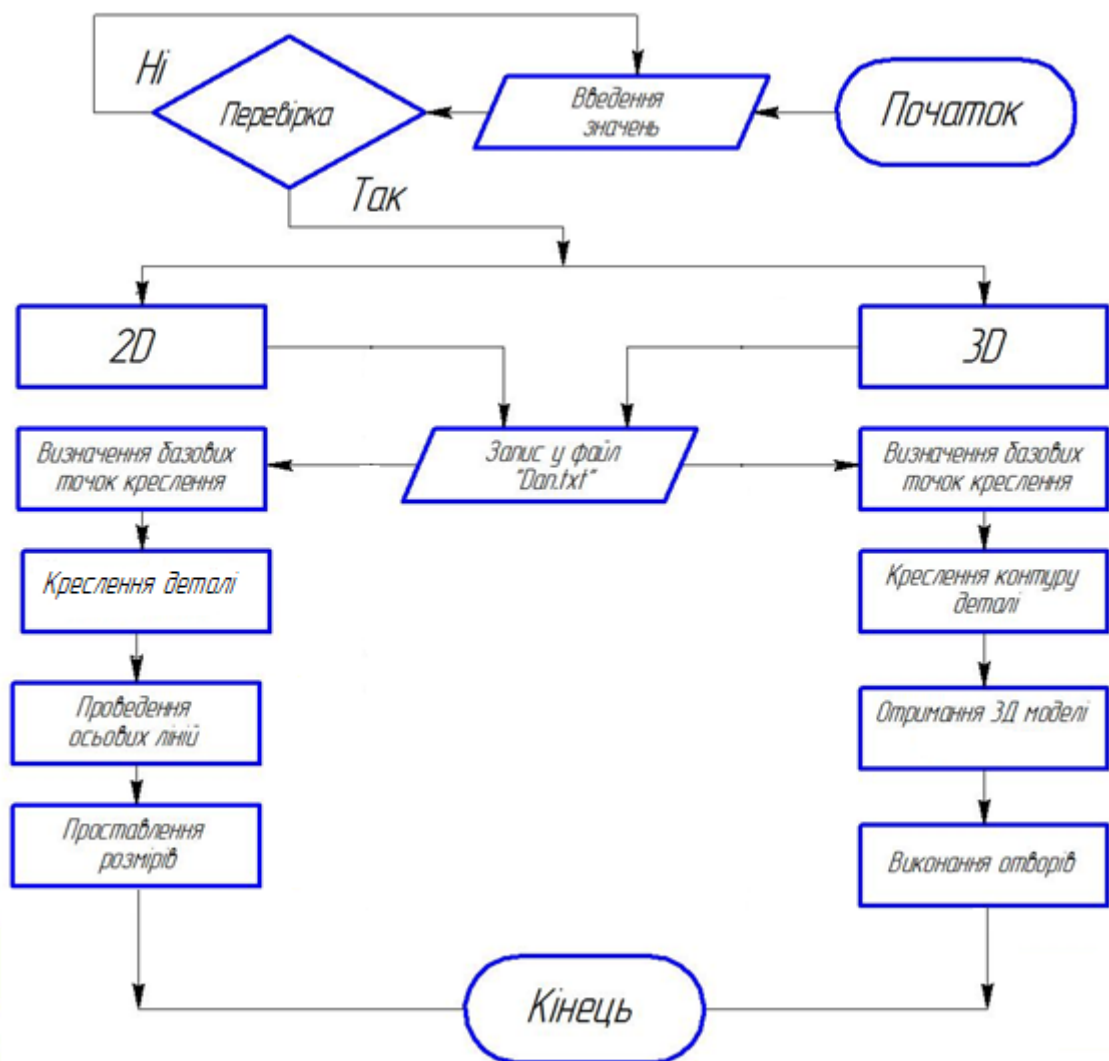


Рисунок 3.1 Блок-схема програми

### 3.3 Розрахункова схема

На (Рисунок 3.2 та Рисунок 3.3) показано результат 2D та 3D креслення деталі відповідно.

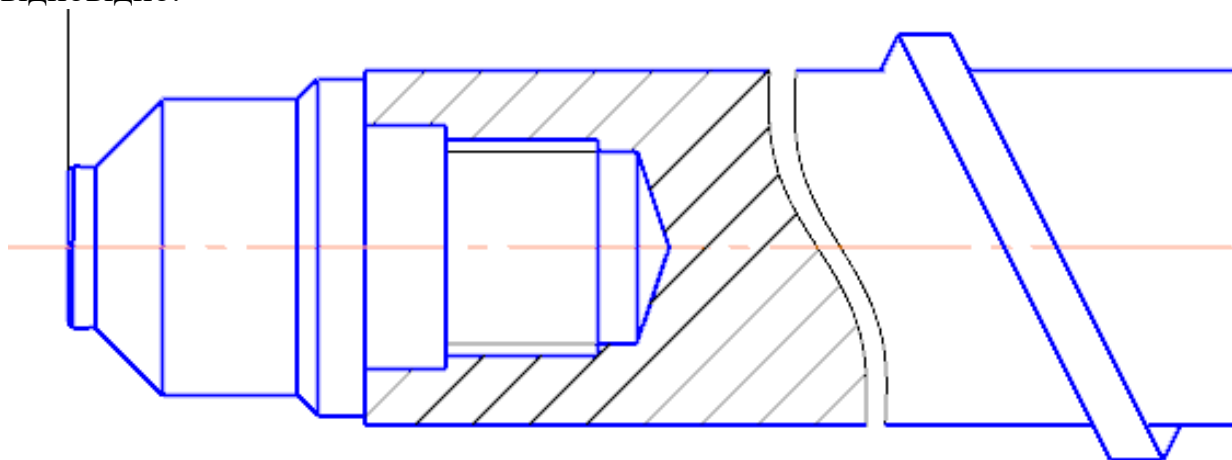


Рисунок 3.2 2D креслення

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51.077246.02-70PP

Арк.

20

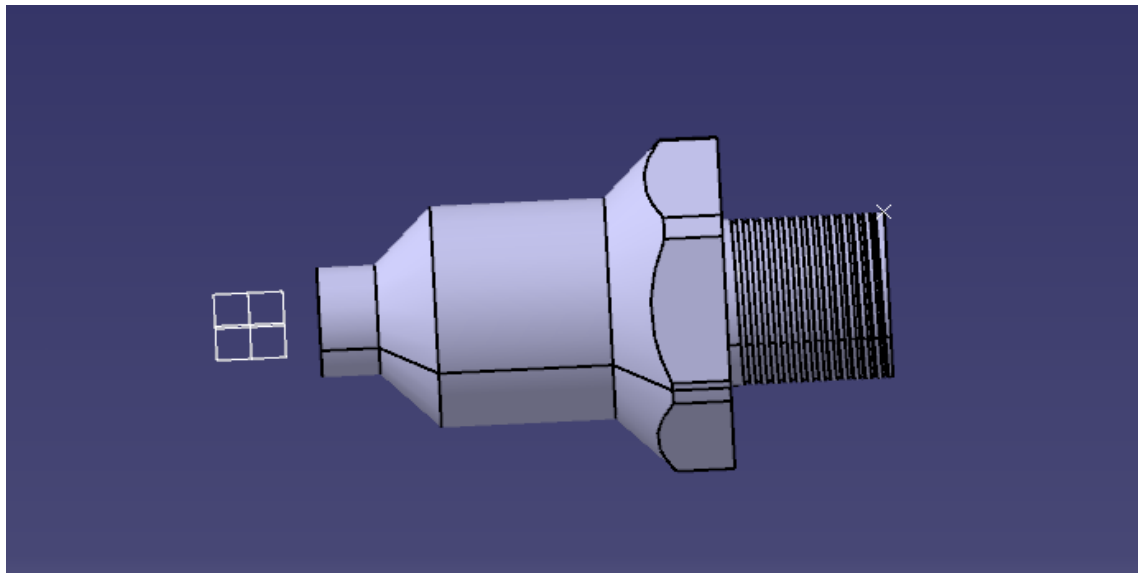


Рисунок 3.3 3D креслення

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 4 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ В ANSYS

Метод скінченних елементів (МСЕ) є потужним та надійним засобом дослідження поведінки конструкцій в умовах різних навантажень та закріплень. На даний час на ринку програмного забезпечення існує велика кількість комплексів МСЕ, в тому числі ANSYS, NASTRAN, ABAQUS, та інші. Традиційно ці продукти відносяться до категорії CAE (Computer Aided Engineering) програмного забезпечення, яке застосовується при проектуванні машинобудівних, будівельних та інших конструкцій [9].

Розрахунки виконані в середовищі ANSYS Workbench з попередньо побудованою 3D моделлю в програмному комплексі AutoCAD.

Для розрахунку деталі на міцність імітуємо всі зусилля, які виникають при роботі машини.. Для цього:

1. Формуємо розрахункову сітку
2. Консольно закріпимо відповідні площини на кожній з деталей
3. Задаємо максимальне навантаження що буде діяти на механізм запирання, якщо навантаження витримує деталь, тоді поступово збільшуємо його до критичного. Тим самим визначивши запас міцності.

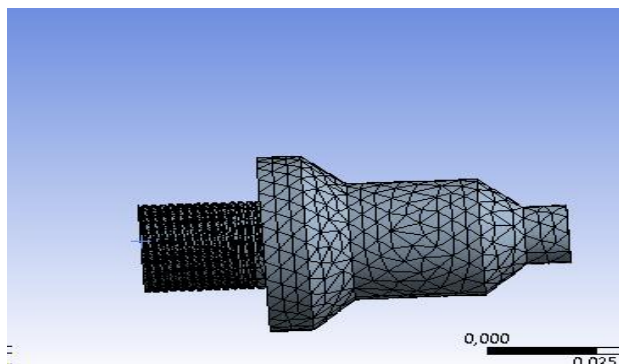


Рисунок 4.1 Розбиття на скінченні елементи

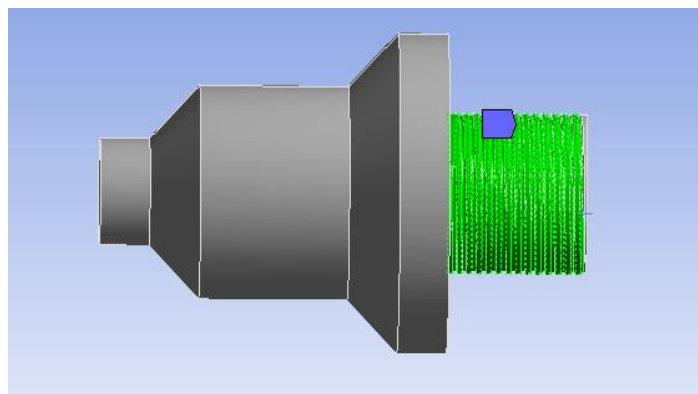


Рисунок 4.2 Закріплення деталей

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



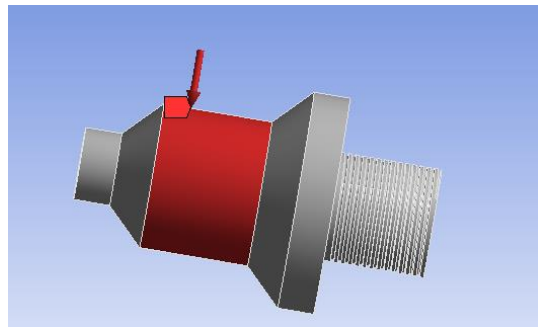
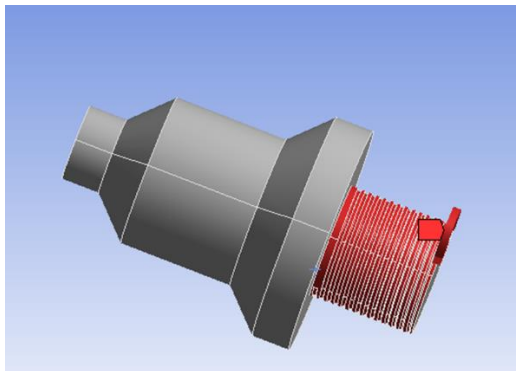
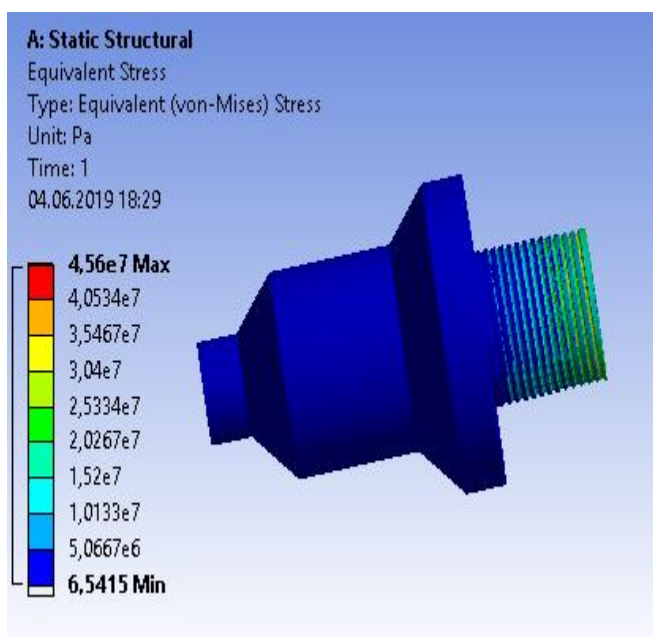
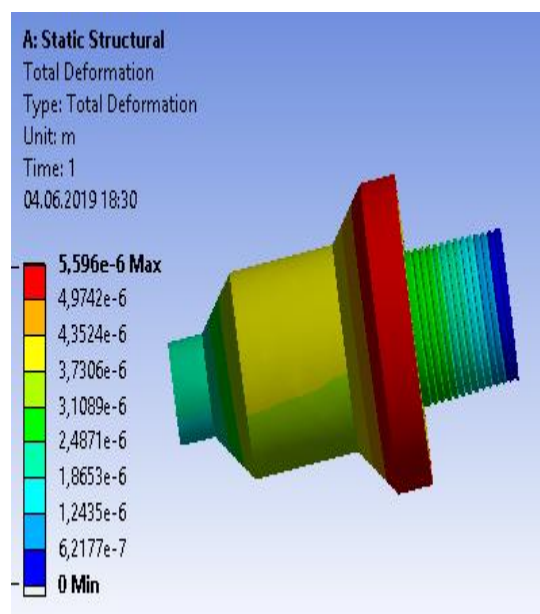


Рисунок 4.3 Задання навантажень

Результати розрахунків приведені нижче ( Рисунок 4.4–Рисунок 4.5).

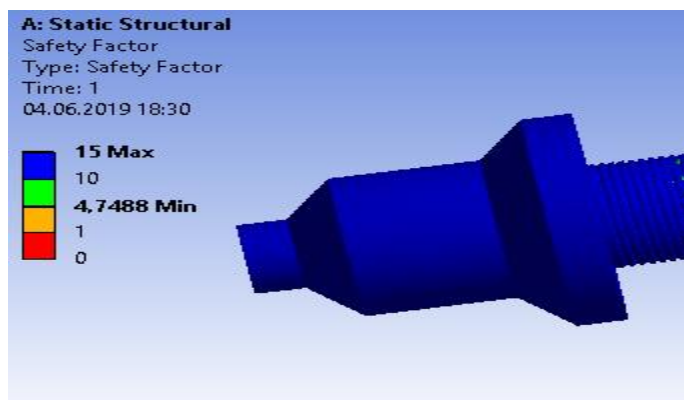


Еквівалентні напруження



Загальні деформації

Рисунок 4.4 Напружено-деформований стан деталі



Запас міцності при 15 МПа

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51.077246.02-70PP

Арк.

23

Рисунок 4.5 Запас міцності розрарованих деталей

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

#### 4.1 Аналіз розрахунків

Розрахунок проведено в програмному середовищі Ansys Workbenck в проекті Static Structural.

Виконавши серію розрахунків з послідовним збільшенням навантаження. Перше навантаження було 15 МПа ,так як деталь витримала було прийнято рішення збільшувати до критичного. Також згущено сітку скінченних елементів для отримання більш точних розрахунків. Як результат було отримано що величина деформації до 15 Мпа повністю задовольняє наші потреби.

					ЛП51.077246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## Список літератури

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Ленинград: Машиностроение, 1975. 656 с.
2. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Москва: Химия, 1986. 488 с .
3. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник. - Москва: Машиностроение, 1976. 288 с.
4. Л.Б. Радченко Переробка термопластів методом екструзії.-К.: Київ, 1999.219с.
5. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов/ М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Под общ. ред. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленинград: 1984. 301 с.
6. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач,— Москва: Машиностроение, 1972. 268 с.
7. Щербина В.Ю., Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с.
8. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас. Ю.Е. Лукач, Д.Д. Рябинин.—Москва: Машиностроение, 1967. 364 с.
9. Центральный металлический портал РФ [<http://metallicheckiy-portal.ru>].

					ЛП51.077246.02-70РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

**Розділ «Технологія машинобудування»  
до дипломного проекту**

на тему:      Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізма

Київ – 2019 року

## Зміст

1	Технологія виготовлення деталі.....	3
1	Опис та призначення флянця.....	5
1.2	Технологічний процес виготовлення деталі.....	13
2	Вибір пристосування .....	14
2.1	Опис конструкції та принципу дії пристосування.....	15
2.2	Розрахунок пристосування.....	16
	Висновки.....	18
	Література.....	19

					ЛП51.077246.01-70 ТД								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Термопластавтомат з модернізацією інжекційного механізму				Літ.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Коноваленко Ю.									2	8	
Перевір.		Борщик С.О.							КПІ ім. Ізгоря Сікорського				
Керівник													
Н. Контр.													
Затверд.													

## 1 Технологія виготовлення деталі

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – фланець (рис. 1.1) і проектування технологічного оснащення (пристрою) для одної з операцій виготовлення деталі.

Під час виконання роботи вирішуються наступні задачі:

Розробка технологічного процесу виготовлення деталі “фланень” , що включає вибір методу виготовлення заготовки, призначення послідовності виконання операцій, вибір устаткування і інструмента для кожної операції технологічного процесу, розрахунок елементів різання, норм часу

Фланець з'єднує корпус механізму пластикації з редуктором. Фланець працює в умовах підвищеного тиску. Деталь є відповідальною і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.[1]

Матеріал деталі має достатню пластичність для обробки. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності (рис. 1.2).

Матеріал деталі сталь 40Х ГОСТ 4543-71 добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів. Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту.

В іншому деталь складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при добрих технологічних базах.

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

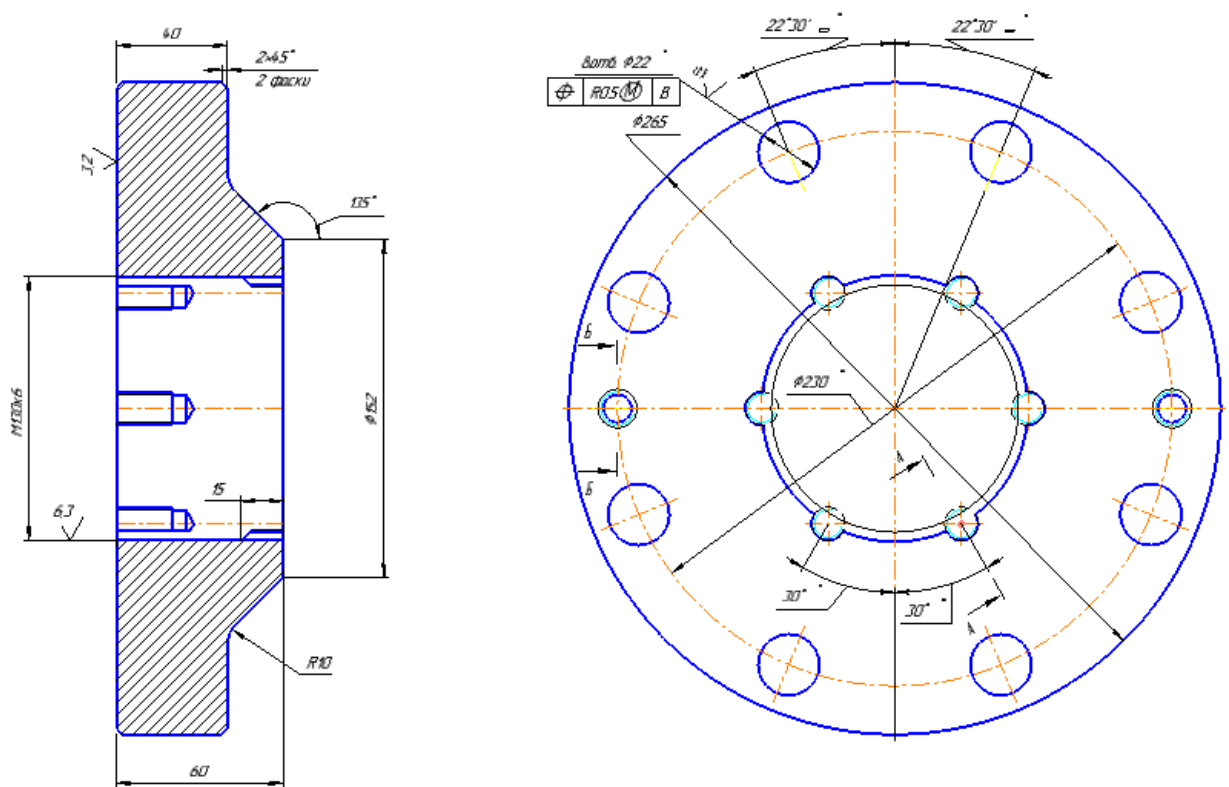


Рисунок 1.1 – Фланець

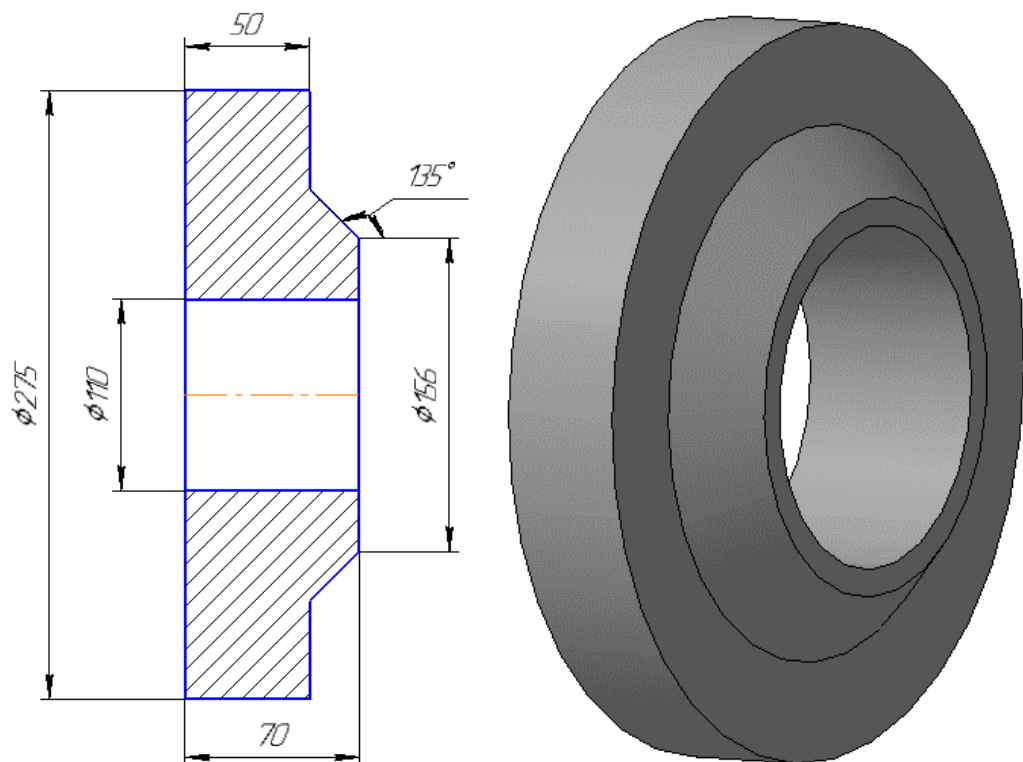


Рисунок 1.2 – Заготовка фланця

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51.077246.01-70 ТД

Арк.

4



## 1.1 Опис та призначення фланця

Розроблювана деталь – фланець. В складальному вузлі фланець закриває з торця підшипник та частково привідну цапфу шабера сушильного циліндра. Фланець одягається на цапфу вала під натягом та з'єднується з корпусом підшипника за допомогою 6-х болтів М10. Центральний отвір фланця має канавки під ущільнювальне кільце. фланець обертається разом з валом, відчутних навантажень не зазнає.

Конструкція деталі є технологічною, тому що при її виготовленні та експлуатації витрати матеріалу, часу і засобів незначні. Оцінка технологічності проводилась якісно та кількісно з розрахунком показників технологічності згідно ГОСТ 14201-83

Для дрібносерійного виробництва ділянки цеху переважно компонується по типу обладнання (ділянка токарних станків, ділянка фрезерних станків і так далі). Технологічний процес обробки деталі має ущільнений характер, тобто на одному станку виконується декілька операцій.

Знаючи тип виробництва, матеріал деталі та її конфігурацію, можна використовувати для отримання заготовки метод лиття у пісчано-глинисті форми за металевими моделями з машинною формовкою, яка забезпечує досягнення 9-го класу точності у відповідності з ГОСТ 26645-85.

Конфігурація виливки не є складною і дозволяє забезпечити легке витягання її моделі з форми і, за допомогою фігурного стержня, отримати литі отвір під діаметри: Ø60. Весь виливок може формуватися в одній опоці і ливарна форма буде мати один плоский роз'їм. Виливок має достатньо товсті стінки, які виключають їх "не проливи", не має різких переходів від тонких стінок до товстих. Клас точності і формувальні уклони відповідають вимогам стандарту.

Аналіз технологічності дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція фланця допускає обробку точних поверхонь та отворів "на прохід";
- досягається вільний доступ різального та вимірювального інструменту до оброблюваних поверхонь;

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в конструкції фланця передбачені площини та отвори, які оброблюються стандартними інструментами.

В цілому конструкція фланця технологічна, але є декілька зауважень:

- деякі труднощі виникають при обробці поверхонь, що розташовані не паралельно і не перпендикулярно до основної площини.

- дещо ускладненими є процес обробки внутрішньої поверхні фланця.

В цілому конструкція деталі технологічна.

## 1.2 Технологічний процес виготовлення деталі

Процес виготовлення фланця наводимо в маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах.

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Вибір пристосування

Розглянемо пристосування для токарних станків , передбачаючи токарну операцію[3].

В серійному виробництві задача підвищення виробництва и полегшення праці робочих являється головною, тому пристосування мусить бути швидкодіючим, тобто максимально оснащеними механізованими силовими приводами, а в ряду випадків напівавтоматичними.

Наряду з цим в серійному виробництві до конструкцій пристосувань представляється ряд додаткових вимог, що витікають із специфіки даного виробництва:

1) скорочення термінів та собівартості підготовки виробництва, що в умовах великої номенклатури та частої зміни об'єктів виробництва має вирішальне значення;

2) скорочення часу на переналагодження устаткування, що дуже важливо при впровадженні групових технологічних процесів і організації групових потоків у серійному машинобудуванні;

3) економічність пристосувань.

Найбільшою мірою зазначеним вимогам відповідають переналагоджувані (групові та універсальні) і універсально-збірні (система УСП) пристосування, а також спеціалізовані налагоджувальні пристосування (система СНП).

У середньо-серійному виробництві широко застосовуються швидкодіючі спеціалізовані і спеціальні пристрої з пневмо і гідроприводом.

Задовольняючи умовами даного завдання, вибираємо пристосуванням для токарної операції патрон трьохкулачковий самоценруючийся з пневмоприводом (рис. 2.1)

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1 Опис конструкції пристосування і принципу роботи

Пристосування патрон трьохкулачковий самоценруючийся з пневмоприводом, призначено для базування і закріплення заготовок пустотілих циліндрів, валів та деталей класу кілець.

Патрон патрон трьохкулачковий самоценруючийся з пневмоприводом (Рис.2.1) працює наступним чином. Фланець, центрується обробленим отвором на пальці 4, а торцем фланця прилягає до торця кільця 15. Осьовий затиск деталі здійснюється трьома спеціальними штифтами 11, до яких рух від пневмоциліндра передається завдяки тязі штоку 3 і гвинту спеціальному 4. Для забезпечення рівномірності затиску всіма важелями передбачена сферична гайка 17, яка дозволяє основі качатися. При зворотньому ході тяги штоку 3 гвинт спеціальний 4 тисне і переміщує його вправо. При цьому тяга штоку 3 ковзає по кулачку 12, які розміщені у кришці 16 і під дією пружин 7 і фіксатора 5 кулачки розкриваються. І звільняють оброблювану деталь.

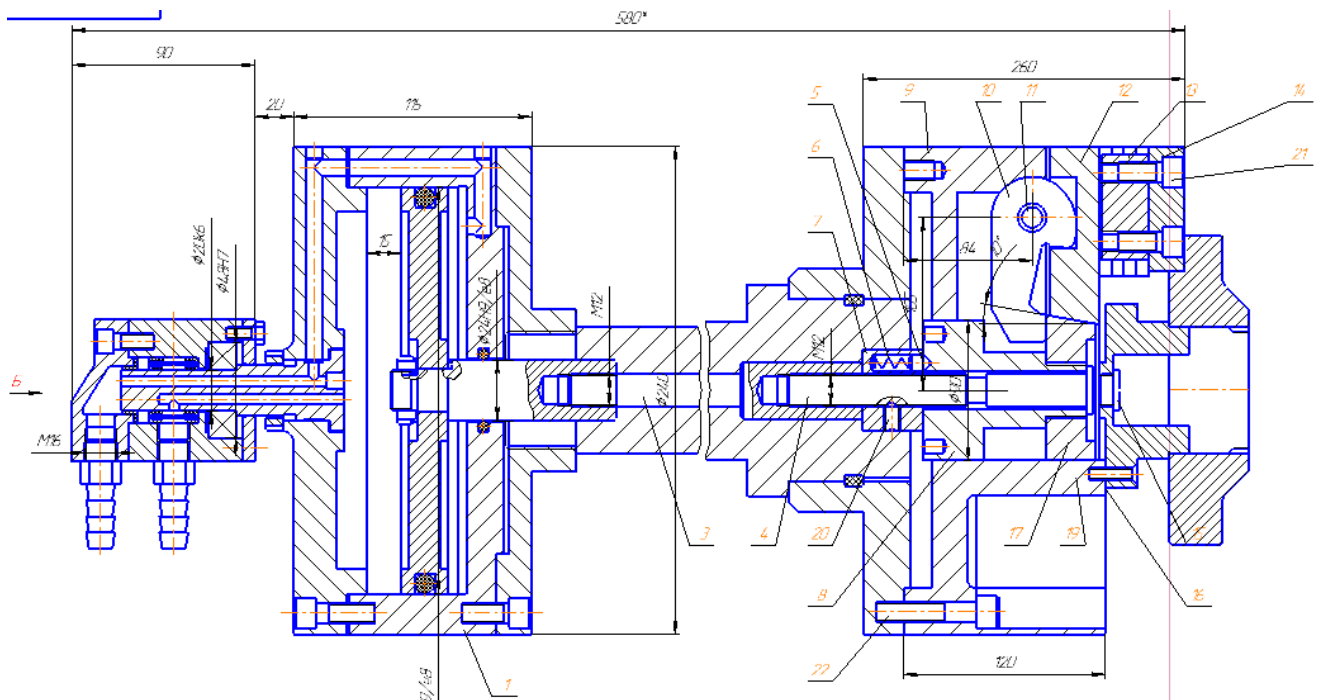


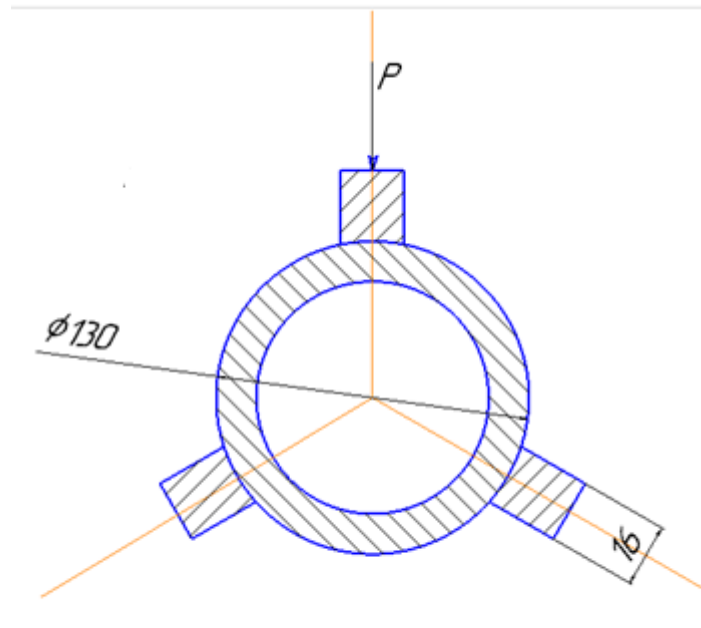
Рисунок 2.1 - Патрон трьохкулачковий самоцентруючийся з пневмоприводом

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розрахунок сил закріплення

Найбільш небезпечною силою різання, яка потребує максимального зусилля закріплення заготовки є  $P_z$  виникаюча при точінні:

$$P_z = 3072,2 \text{ Н}$$



Силу яка потрібна для затискання заготовки одним кулачком визначаємо з нерівності:

$$F_{\text{тр.}} \cdot R_1 > P_z \cdot R_2 \quad (4.1)$$

З цієї нерівності знаходимо  $F_{\text{тр.}}$ : [1]

$$F_{\text{тр.}} > \frac{P_z \cdot R_2}{3R_1} = \frac{3072,2 \cdot 0,099}{3 \cdot 0,085} = 1194,6 \text{ Н} \quad (4.2)$$

де:  $R_1$  – радіус дії кулачків прихвату;

$R_2$  – радіус дії сили різання;

Нормальна сила затискання одного кулачка: [1]

$$N = \frac{F_{\text{тр.}}}{f} = \frac{1194,6}{0,3} = 3982 \text{ Н} \quad (4.3)$$

де:  $f$  – коефіцієнти тертя між заготовкою і кулачком;

Зусилля на штоку яке передається із трьох кулачків: [1]

$$Q = 3 \cdot \frac{N \cdot a}{b \cdot \mu} = 3 \cdot \frac{3982 \cdot 0,043}{0,075 \cdot 0,8} = 8561 \text{ Н} \quad (4.4)$$

де:  $a$ ,  $b$  – плечі механізму передачі з трьох кулачків;

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\mu$  - ККД механічної передачі.

Визначимо тиск, який потрібно створити в циліндрі щоб отримати таке зусилля на штоці:[3]

$$P = \frac{4Q}{\eta \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 8561}{0,85 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2} = 0,07 \text{ МПа} \quad (4.5)$$

де:  $d$  – діаметр циліндра;

$\eta$  – ККД

					<i>ЛП51.077246.01-70 ТД</i>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення фланця було розглянуто призначення фланця та конструктивні особливості деталі; описані порядок і всі етапи розробки технологічного процесу виготовлення деталі "Фланець", що представлені у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах; обрано спосіб виготовлення заготовки; обране пристосування для токарного напівавтомату з ЧПУ ; розраховане максимальне зусилля затискання пристосування.

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Б. М. Базаров. Основы технологии машиностроения. - М.:Машиностроение, 2005.
2. А. Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. Курсовое проектирование по технологии машиностроения
3. М. А. Ансеров. Приспособления для металоорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975. - М.: Машиностроение, 2007
4. Добрянський С.С. Методичні вказівки до виконання курсової роботи (проєкту) з дисципліни “Технологія машинобудування”. К., 2002 р. 80 стор.

					ЛП51.077246.01-70 ТД	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## **ДОДАТОК**

[illegible]

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
		A1			ЛП-51.17714.2.003-70СК	Складальне креслення		
						Складальні одиниці		
				1	ЛП-51.17714.2.002.01-70	Черв'як	1	
				2	ЛП-51.17714.2.002.02-70	Пробка	1	

[illegible]

[illegible]



Таблиця В.1 – Таблиця розглянутих патентів

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа, рік	Ціль створення і сутність заявленого технологічного рішення, і технічний результат
1	2	3	4
1.	Литтєва машина з перекриттям сопла	Патент №0029262 USA, МПК В29С 45/73, Опубл : 01.02.2018.	Система лиття під тиском зазвичай включає в себе пристрій для закривання сопла. Пристрій для закривання сопла може містити гвинтовий наконечник, який відкриває і закриває сопло. Використовуючи наконечник гвинта, щоб відкривати і закривати сопло, усувається холодна пробка в традиційній системі лиття під тиском, що дозволяє системі лиття під тиском працювати при більш низькому тиску уприскування. Більш низький тиск упорскування дозволяє зменшити товщину циліндра, що призводить до більш ефективного проводить нагрівання, який забезпечує більшу частину тепла, необхідного для плавлення матеріалів в циліндрі.

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4
2.	Машина для лиття під тиском	Патент №98878 Україна, МПК В29С 45/46, Опубл 12.05.2015.	В патенті задачею є вдосконалення екструдера шляхом кінематичного поєднання осьового руху черв'яка з заслінкою, а не зміни конфігурації самого черв'яка, що дозволяє регулювати подачу перероблюваного матеріалу, за допомогою регульованого перетворювача переміщень. Дана проблема вирішується тим, що черв'як кінематично пов'язаний із заслінкою за допомогою важільного механізму.
3.	Машина для лиття під тиском	Патент №100079 Україна, МПК В29С 45/46, Опубл 10.07.2015.	В патенті наконечник має змогу рухатися відносно робочої зони шнека. В даному патенті потрібно було вдосконалити черв'як екструдера, для цього виконали нове конструювання шнека його наконечника забезпечує переміщення наконечника відносно робочої зони черв'яка залежно від тиску, що діє на наконечник, а отже згладжування пульсацій потоку розплаву на виході з екструдера й більш стабільну роботу екструдера в цілому.



Програма розрахунку черв'ячного екструдера

Function fnpo (T)

IF (T.LT.100) THEN fnpo = 931.479-0.145\*T-5.00410\*\*-03\*T\*\*2-1.55810\*\*-06\*T\*\*3

IF (T.GT.100) AND (T.LT.110) THEN fnpo = 1089.559-2.315\*T

IF (T.GT.110) AND (T.LT.119) THEN fnpo = 1067.161-2.111\*T

IF T.GT.119 THEN fnpo = 917.093-1.242\*T+4.25410\*\*-03\*T\*\*2-8.53110\*\*-06\*T\*\*3

END Function fnpo (T)

Function fnlam (T)

IF (T.LT.100) THEN fnlam = 0.3194-1.91810\*\*-03\*T-3.22110\*\*-05\*T\*\*2-1.87310\*\*-07\*T\*\*3

IF (T.GT.100) AND (T.LT.110) THEN fnlam = 0.4009-1.38410\*\*-03\*T

IF (T.GT.110) AND (T.LT.119) THEN fnlam = 0.7004-4.12410\*\*-03\*T

IF T.GT.119 THEN fnlam = 0.228-8.25610\*\*-04\*T+7.92910\*\*-06\*T\*\*2-1.84710\*\*-08\*T\*\*3

END Function fnlam (T)

Function fncp (T)

IF (T.LT.100) THEN fncp =(1.001+8.40710\*\*-02\*T-1.51810\*\*-03\*T\*\*2+1.03410\*\*-05\*T\*\*3)\*1000

IF (T.GT.100) AND (T.LT.110) THEN fncp =(228.166-1.459\*T-1.2510\*\*-02\*T\*\*2+1.47410\*\*-04\*T\*\*3)\*1000

IF (T.GT.110) AND (T.LT.119) THEN fncp =(1129.983-12.372\*T-3.01410\*\*-02\*T\*\*2+1.47410\*\*-04\*T\*\*3)\*1000

IF T.GT.119 THEN fncp =(1.799+2.44810\*\*-03\*T)\*1000

END Function fncp (T)

Function fni (T)

IF (T.LT.100) THEN fni =(11.919+1.43\*T+1.28310\*\*-02\*T\*\*2)\*1000

IF (T.GT.100) AND (T.LT.110) THEN fni =(1594.611-14.341\*T-0.147\*T\*\*2+1.59810\*\*-03\*T\*\*3)\*1000

IF (T.GT.110) AND (T.LT.119) THEN fni =(-4098.707+40.51\*T+0.269\*T\*\*2-2.4410\*\*-03\*T\*\*3)\*1000

IF T.GT.119 THEN fni =(138.208+2.425\*T-9.22910\*\*-04\*T\*\*2)\*1000

END Function fni (T)

fnmi (ga, T) = 22539.76 \* ABS(ga) \*\* -.66 \* EXP(-5.69 \* (T - 160) / 433)

Program HEad

Real l, mj, k

pi = 3.141592653589793

WRITE (\*,\*)" Уведіть вихідні дані:"

WRITE (\*,\*)" Вихідні дані:"

					ЛПЗ1.087246.02-70 PP	Арк.
						1
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

WRITE (\*,\*)"- діаметр черв'яка, м "  
 Read (\*,\*) d  
 WRITE (\*,\*)"- крок гвинтової нарізки, м"  
 Read (\*,\*) s  
 WRITE (\*,\*)"- ширина витка нарізки, м"  
 Read (\*,\*) 10\*\*  
 WRITE (\*,\*)"- довжина зони подачі, м"  
 Read (\*,\*) l0  
 WRITE (\*,\*)"- координата початку конічної частини черв'яка, м"  
 Read (\*,\*) l1  
 WRITE (\*,\*)"- робоча довжина черв'яка, м"  
 Read (\*,\*) l3  
 WRITE (\*,\*)"- глибина каналу в зоні подачі, м"  
 Read (\*,\*) h1  
 WRITE (\*,\*)"- коефіцієнт тертя полімеру об сталь"  
 Read (\*,\*) fr  
 WRITE (\*,\*)"- насипна маса гранул, що надходять, кг/м\*\*3"  
 Read (\*,\*) rho  
 WRITE (\*,\*)"- ентальпія полімеру, що надходить, Дж/кг"  
 Read (\*,\*) ibx  
 WRITE (\*,\*)"- продуктивність екструдера, кг/год"  
 Read (\*,\*) gm  
 WRITE (\*,\*)"- початкове наближення числа обертів. 1/хв"  
 Read (\*,\*) n  
 WRITE (\*,\*)"- відношення коефіцієнтів тертя"  
 Read (\*,\*) f  
 WRITE (\*,\*)"- температура гранул, що надходять, °C "  
 Read (\*,\*) tbx  
 WRITE (\*,\*)"- температура плавлення полімеру, °C"  
 Read (\*,\*) tn  
 WRITE (\*,\*)"- найменша температура стінки циліндра, °C"  
 Read (\*,\*) tcmin  
 WRITE (\*,\*)"- найбільша температура стінки циліндра, °C"  
 Read (\*,\*) tcmax  
 WRITE (\*,\*)"- необхідна температура розплаву, °C"  
 Read (\*,\*) tk  
 d = .040  
 s = .040  
 10\*\* = .007  
 l0 = .635  
 l1 = .635  
 l3 = 1.895  
 h1 = .0065  
 fr = .4

					ЛПЗ1.087246.02-70 PP	Арк.
						2
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

```

pon = 520
ibx = 41900
gm = 120
n = 120
f = 1.5
tbx = 20
tn = 120
tcmin = 175
tcmax = 180
tk = 200
WRITE (*,*), "- діаметр черв'яка, м ", d
WRITE (*,*), "- крок гвинтової нарізки, м", s
WRITE (*,*), "- ширина витка нарізки, м", E
WRITE (*,*), "- довжина зони подачі, м", l0
WRITE (*,*), "- координата початку конічної частини черв'яка, м", l1
WRITE (*,*), "- робоча довжина черв'яка, м", l3
WRITE (*,*), "- глибина каналу в зоні подачі, м", h1
WRITE (*,*), "- коефіцієнт тертя полімеру об сталь", fr
WRITE (*,*), "- насипна маса гранул, що надходять, кг/м**3", pon
WRITE (*,*), "- ентальпія полімеру, що надходить, Дж/кг", ibx
WRITE (*,*), "- продуктивність екструдера, кг/год", gm
WRITE (*,*), "- початкове наближення числа обертів. 1/хв", n
WRITE (*,*), "- відношення коефіцієнтів тертя", f
WRITE (*,*), "- температура гранул, що надходять, °C ", tbx
WRITE (*,*), "- температура плавлення полімеру, °C", tn
WRITE (*,*), "- найменша температура стінки циліндра, °C", tcmin
WRITE (*,*), "- найбільша температура стінки циліндра, °C", tcmax
WRITE (*,*), "- необхідна температура розплаву, °C", tk
fnmi (ga, T) = 22539.76 * ABS(ga) ** -.66 * EXP(-5.69 * (T - 160) / 433)

```

```

DIM gamx(11), gamz(11), mi(50), gam(50)
fi = ATN(s / (pi * d))
b = (s - 10**) * COS(fi)
g = gm / 3600
h11 = h1
dn = 5
j = 0
M3: continue
n = n + dn
gy = 60 * g / n
h = .004
dh = .0001
N1: continue
h = h + dh

```

```

a1 = (d - 2 * h) / d
a2 = pi / 4 * (d ** 2 - (d - 2 * h) ** 2) - 10 ** * h / TAN(fi)
a2 = a2 * pi * d * TAN(fi)
w = 0
dw = .1
N3: continue
w = w + dw
w1 = ATN(1 / fr - a1 / (fr * f * COS(w + fi))) - fi
IF w1 .LT. 0 THEN GOTO N1
Eps = (w1 - w) / w1
Eps1 = ABS(Eps)
IF (Eps1 .LT. .01) THEN GOTO N10
IF (Eps .GT. 0) THEN GOTO N3
w = w - dw
dw = dw / 3
GOTO N3
N10: continue
gy1 = pon * a2 * TAN(w) / (TAN(w) + TAN(fi))
IF (gy1 .LT. gy) THEN GOTO N1
IF (h .GT. h11) THEN h1 = h ELSE h1 = h11
h1 = 1.15 * h1
ng = ((.9 + .17 * f) - 1) * g * (fni(1.2 * tn) - ibx)
l = l0
dl = s
dz = dl / SIN(fi)
nn = 0
vzt = g / (pon * h1 * b)
v = pi * d * n / 60
vx = v * SIN(fi)
vz = v * COS(fi)
vj = SQR(vx ** 2 + (vz - vzt) ** 2)
X1 = b
d10 ** lta = .0001
gp = 0
tcp = tn
T = tbx
h2 = 2 * g / (fnpo(tk) * b * vz)
M11: continue
l = l + dl
tc = tcmin + (tcmax - tcmin) * (l - l0) / (l3 - l0)
IF (gp .LT. .1 * g) THEN GOTO M19
IF (l .LT. l1) THEN GOTO M19
fd = .125 * (h / (b - X1)) ** 2 - .625 * h / (b - X1) + 1
h111 = 2 * g / (fnpo(tcp) * (b - X1) * vz * fd + 2 * X1 * vzt * pon)

```

```

ah = (h111 - h2) / 3
h = h111
IF (h .LT. h2) THEN h = h2
GOTO M20
M19: continue
h = h1
M20: continue
lam = fnlam(tcp)
po = fnpo(tcp)
Z2: continue
mi = fnmi(vj / d10**lta, tcp)
fff1 = 4 * (fni(tn) - ibx)
oio = SQR((po * vx * (2 * lam * (tc - tn) + mi * vj ** 2)) / fff1)
x2 = X1 * (1 - oio * dz / (2 * pon * vzt * h * SQR(X1))) ** 2
ddd1 = po * vx * (fni(tn) - ibx)
d10**lta1 = SQR((2 * lam * (tc - tn) + mi * vj ** 2) * x2 / ddd1)
Eps = ABS((d10**lta - d10**lta1) / d10**lta1)
d10**lta = d10**lta1
IF (Eps .GT. .01) THEN GOTO Z2
tcp1 = (tc + tn) / 2 + mi * vj ** 2 / (12 * lam)
Eps = ABS((tcp - tcp1) / tcp1)
tcp = tcp1
IF (Eps .GT. .01) THEN GOTO M20
dgp = po * vx * d10**lta * dz / 2
d10**n = dgp * (fni(tcp) - ibx)
dnn = (lam * (tc - tn) / d10**lta - mi * vj ** 2 / (2 * d10**lta)) * X1 * dz
dng = d10**n - dnn
X1 = x2
tp = tcp
nn = nn + dnn
ng = ng + dng
gp = gp + dgp
Tt = (gp * tcp + (g - gp) * tbx) / g
IF (1 .GT. 13) THEN GOTO M3
IF (gp .LT. .7 * g) THEN GOTO M11
M24: continue
l = l + dl
h = h - ah
IF (h .LT. h2) THEN h = h2
      X1: continue
IF (gp .GT. .95 * g) THEN tcp = Tt + dt / 2 ELSE tcp = tp
y = 0
m = 10
dy = h / 10

```

```

FOR i = 0 TO
gamx(i) = 2 * vx * (1 - 3 * y / h) / h
gamz(i) = vz / h + 6 * (vz * h / 2 - g / (pon * b)) * (2 * y - h) / h ** 3
gam(i) = SQR(gamx(i) ** 2 + gamz(i) ** 2)
mi(i) = fnmi(gam(i), tcp)
y = y + dy
Next i
dng = mi(0) * gam(0) ** 2 + mi(m) * gam(m) ** 2
FOR i = 1 TO m - 1
  IF INT(i / 2) = i / 2 THEN aa = 4 ELSE aa = 2
  dng = dng + aa * mi(i) * gam(i) ** 2
Next i
dng = b * dz * dy * dng / 3
IF (gp .LT. .95 * g) THEN
  dgp = dng / (fni(tcp) - ibx)
  gp = gp + dgp
  Tt = (gp * tcp + (g - gp) * tbx) / g
ELSE
  dt1 = dng / (g * fncp(tcp))
  Eps = ABS(dt - dt1) / dt1
  dt = dt1
  IF (Eps .GT. .02) THEN GOTO X1

Tt = Tt + dt
END IF
ng = ng + dng
IF (l .LT. l3) THEN GOTO M24
IF (ABS(Tt - tk) / tk .LT. .02) THEN GOTO M42
IF (j .GT. 0) THEN GOTO M37
IF (Tt - tk .LT. 0) THEN
  aa1 = 1
ELSE
  dn = -dn
  aa1 = -aa1
END IF
j = 1
GOTO M3
M37: continue
IF (Tt - tk .LT. 0) THEN bb = 1 ELSE bb = -1
IF (aa1 * bb .GT. 0) THEN GOTO M3
n = n - dn
dn = dn / 3
GOTO M3
M42: continue

```

```

WRITE (*,*),
WRITE (*,*), "    Результати розрахунку екструдера:"
WRITE (*,*),
WRITE (*,*), USING "    глибина каналу в зоні живлення:    ##.### мм", h1 *
1000
WRITE (*,*), USING "    глибина каналу в зоні гомогенізації: ##.### мм", h2 *
1000
WRITE (*,*), USING "    число обертів черв'яка:        ###    1/хв", n
WRITE (*,*), USING "    потужність нагрівачів:        ##.### Квт", nn / 1000
WRITE (*,*), USING "    потужність дисипації:        ##.### Квт", ng / 1000
WRITE (*,*), USING "    температура розплаву полімеру:    ###.### °С", Tt
END

```

### Результати розрахунку черв'ячного екструдера

#### Вихідні дані:

- діаметр черв'яка, м. .040
- крок гвинтової нарізки, м. .040
- ширина витка нарізки, м. .007
- довжина зони подачі, м. .635
- координата початку кінчної частини черв'яка, м. .635
- робоча довжина черв'яка, м. 1.895
- глибина каналу в зоні подачі, м. .0065
- коефіцієнт тертя полімеру об сталь .4
- насипна маса гранул, що надходять, кг/м\*\*3 520
- ентальпія полімеру, що надходить, Дж/кг 41900
- продуктивність екструдера, кг/год 120
- початкове наближення числа обертів. 1/хв 120
- відношення коефіцієнтів тертя 1.5
- температура гранул, що надходять, °С 20
- температура плавлення полімеру, °С 120
- найменша температура стінки циліндра, °С 175
- найбільша температура стінки циліндра, °С 180
- необхідна температура розплаву, °С 200

#### Результати розрахунку екструдера:

глибина каналу в зоні живлення: 7.475 мм  
 глибина каналу в зоні гомогенізації: 3.821 мм  
 число обертів черв'яка: 135 1/хв  
 потужність нагрівачів: 2.596 Квт  
 потужність дисипації: 17.788 Квт  
 температура розплаву полімеру: 197.991 °С

					ЛПЗ1.087246.02-70 PP	Арк.
						7
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## Визначення обертового моменту черв'яка

Коноваленко Ю., Сідоров Д.Е., к.т.н., доцент

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Проаналізовано вплив потужності та частоти обертання черв'яка на обетовий момент що виникає*

Черв'ячні машини використовуються для переробки полімерів, гуми, виробництва будівельних матеріалів та є одним із найпоширеніших видів устаткування. При роботі на черв'як діють різноманітні сили, зокрема крутний момент.

Для визначення крутного моменту на валу використано методи розрахунку, що наведені в [1,2]:

$$M_{об} = 9549 \frac{N}{n}$$

Розрахунок виконаний для частоти обертання  $n=(80,85,90)$  та при змінній потужності  $N$ , що передається на вал черв'яка.

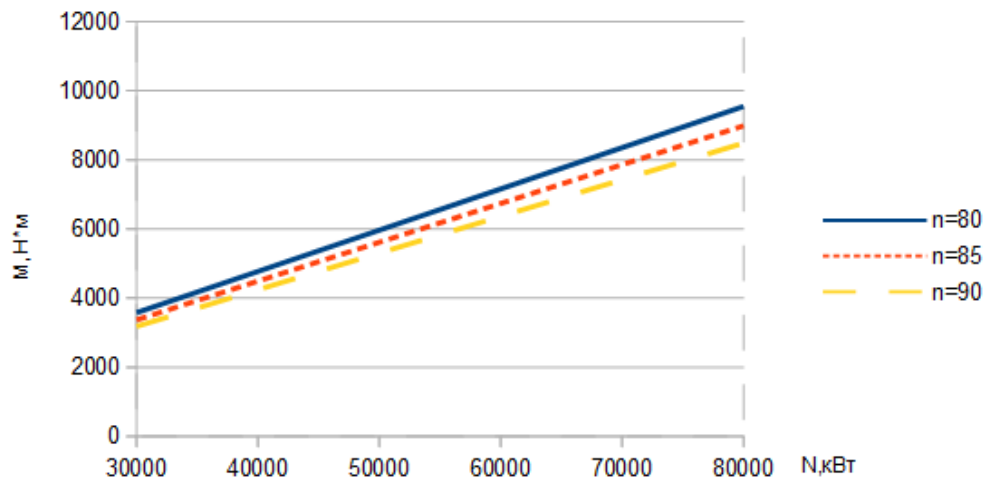


Рис.1 – Залежність  $M=f(N)$

Як видно з наведеного графіку, крутний момент збільшується зі зменшенням частоти обертання валу черв'яка та збільшенням потужності приводу. За умови що  $N=37$ кВт та  $n=84$ об/хв,  $M=4200$  Н\*м, що не перевищує допустимого напруження валу.

## Література

Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Москва Химия, 1986 488 с.

Сідоров Д.Е. основи інженерних розрахунків на ПЕОМ. Програмування алгоритмічною мовою Фортран. 2-ге вид. Навч. посіб. / Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – К.: «Центр учбової літератури», 2016 – 185 с.



# Модернізація інжекційного механізму литтєвої машини

Коноваленко Ю. В., студент, Івіцький І.І., доц., к.т.н.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Модернізація, що розглядається передбачає використання наконечника гвинта як пристрою для закривання і відкривання сопла, що удосконалює систему лиття під тиском.*

Литтєва машина використовується у машинобудуванні, легкій, харчовій та інших галузях промисловості. За допомогою литтєвої машини виготовляють одноразовий посуд, вимкачі, деталі декору та інше. Головними вузлами машини є прес-форма і черв'ячний прес за допомогою яких виготовляються вироби.

Однією з найбільших проблем процесу лиття під тиском є холодна пробка, що утворюється в отворі сопла через недостатню кількість теплоти для підтримання оптимальної температури розплаву пластику. В інжекційному механізмі виникає значний тиск (140-200 МПа для отримання 3-10 МПа у прес-формі), який необхідний для витиснення холодної пробки. Це викликає необхідність використання товстостінного циліндра, який в свою чергу зменшує теплопередачу від стрічкового нагрівника до пластику.

Для усунення цієї проблеми обрано патент [1]. Дане технічне рішення передбачає використання наконечника гвинта (рис.1) для герметизації і відкриття сопла, що усуватиме холодну пробку у традиційній системі лиття під тиском.

Наконечник гвинта виготовляють з геометрією, яка відповідає соплу і установлюють з можливістю переміщення вздовж своєї осі. Коли наконечник гвинта входить в зачеплення з соплом, потік матеріалу зупиняється, а при відсутності контакту нічого не заважає потоку матеріалу.

Усунення холодної пробки призводить до зменшення тиску при впорскуванні, а це в свою чергу дозволяє зменшити товщину стінки циліндра.

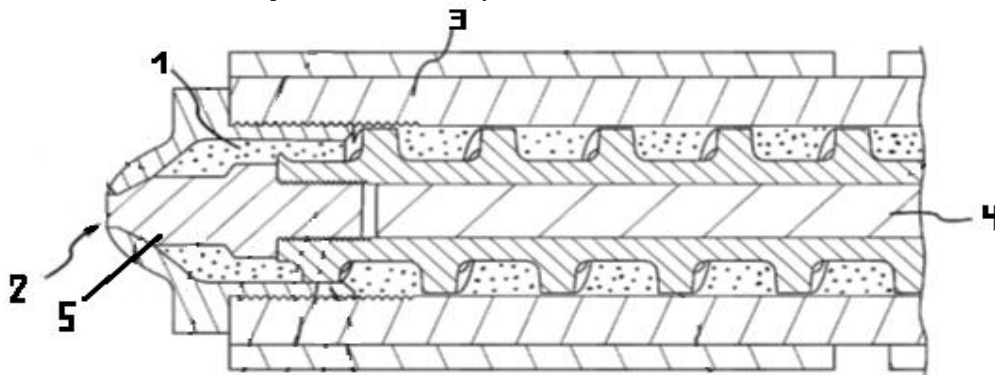


Рис.1 Литтєва машина з перекриттям сопла

1 – матеріал, 2 – сопло, 3 – корпус, 4 – шнек, 5 – наконечник гвинта.

Дана модернізація литтєвої машини дозволяє зменшити енерговитрати на нагрівання формувального матеріалу за рахунок зменшення товщини стінки корпусу інжекційного механізму. В деяких варіантах виконання наконечника гвинта тиск в системі не перевищує тиск в прес-формі більш ніж на 5-10%. Це забезпечує більшу ефективність процесу лиття, збільшує період експлуатації робочого органу, що істотно збільшує термін роботи литтєвої машини та її продуктивність.

## Література

1. Патент №0029262 USA, МПК В29С 45/73, 01.02.2018. Литтєва машина з перекриттям сопла